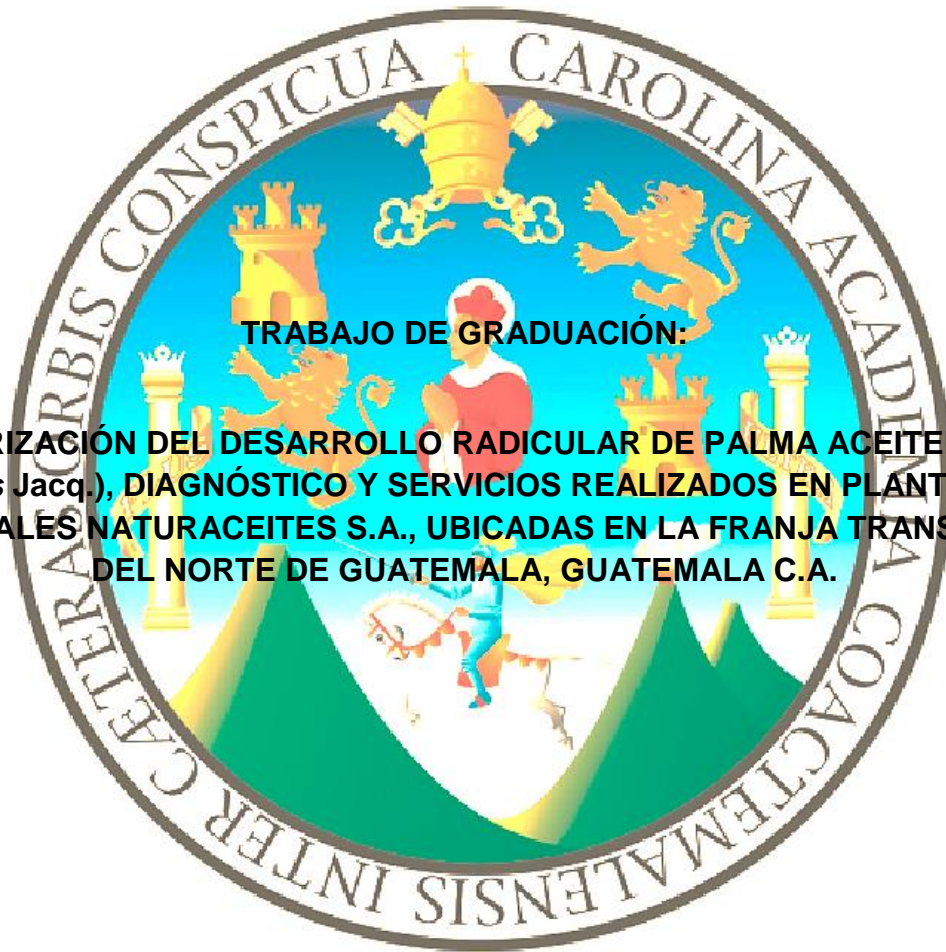


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA



TRABAJO DE GRADUACIÓN:

CARACTERIZACIÓN DEL DESARROLLO RADICULAR DE PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis* Jacq.), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN PLANTACIONES COMERCIALES NATURACEITES S.A., UBICADAS EN LA FRANJA TRANSVERSAL DEL NORTE DE GUATEMALA, GUATEMALA C.A.

ALBA NIDYA GÁLVEZ FLORES

GUATEMALA, MARZO 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN LA EMPRESA NATURACEITES, S. A.
UBICADA EN EL MUNICIPIO DE FRAY BARTOLOME DE LAS CASAS, ALTA
VERAPAZ, GUATEMALA, C.A.

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

ALBA NIDYA GÁLVEZ FLORES

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO
EN
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADA

GUATEMALA, MARZO 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR MAGNÍFICO

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Dr. Lauriano Figueroa Quiñonez
VOCAL PRIMERO	Dr. Ariel Abderramán Ortiz López
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. M. Sc. Marino Barrientos García
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. M. Sc. Raúl Alfaro Ortiz
VOCAL CUARTO	P. Agr. Josué Benjamín Boche López
VOCAL QUINTO	Br. Sergio Alexsandre Soto Estrada
SECRETARIO	Dr. Mynor Raúl Otzoy Rosales

GUATEMALA, MARZO 2015

Guatemala, marzo 2015

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de Graduación realizado en **la empresa NaturAceites S. A. ubicada en el Municipio de Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, Guatemala, C. A.**, como requisito a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Alba Nidya Gálvez Flores

ACTO QUE DEDICO

A DIOS	Por darme sabiduría, entendimiento y su amor incondicional, por ser mi pilar de fortaleza, por permitirme soñar y brindarme un día más de vida, para esforzarme y conseguir mis sueños. <i>“Dios le da una lombriz a cada pájaro, pero no se la lleva hasta el nido.” Proverbio sueco</i>
A MIS PADRES	Víctor Hugo Gálvez y María Dolores Flores , por ser mí guía, por estar siempre conmigo en todo momento, porque gracias a sus esfuerzos, sacrificios y dedicación he podido llegar a otra etapa de mi vida. Gracias Dios por brindarme lo mejor de tu creación.
A MIS ABUELITOS	María Dolores y José Cayetano por su amor, enseñanzas, y sus sabios consejos.
A MIS HERMANOS	Por el gran ejemplo que presenta cada uno en mí, ser amigos, confidentes y siempre dispuestos a luchar por la familia. Orgullosa de cada uno: Dinora, Mariela, Hugo, Gaby y Luis .
A MIS TÍOS Y PRIMAS	Tíos Ana, Mayra y Roberto por cuidarme y protegerme como mis padres, mis primas María José y María del Pilar por su cariño y hermandad.
A MI BEBÉ	Por ser mi gran amor, un luchador, y el angelito que le da sentido a mi vida.
A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS	Eunice Bejarano, Sigrid Quiñonez, Edith Sapón, Sara Ortiz, Patricia Polanco, Marlyn del Cid, Nohemí del Cid, Ruth Juracán , y muchos más. Por brindarme su amistad, apoyo incondicional, cariño; a cada uno de ustedes gracias por pertenecer a mi círculo familiar.
A TODOS Y CADA UNO DE USTEDES	Por compartir cada momento conmigo, y brindarme felicidad y amor, bendiciones a sus hogares y cada uno de ustedes.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO A:

GUATEMALA, mi país y la bellísima ciudad colonial, Antigua Guatemala.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, Un orgullo pertenecer a tan prestigiosa casa de estudios. *“Universidad de Guatemala grande entre las del mundo”*

FACULTAD DE AGRONOMÍA, por la formación profesional íntegra, que me ha dado lugar a desempeñarme con la sociedad, y con respeto hacia la naturaleza.

COLEGIO LA SALLE, ANTIGUA, por el aprendizaje, por los valores y forjar personas con excelencia académica.

AGRADECIMIENTO A:

Empresa NaturAceites S.A. por darme la oportunidad de desempeñarme como profesional.

Ing. Agr. Cesar Linneo por la supervisión y guía profesional, comprometido siempre con la preparación académica.

Ing. Agr. Aníbal Sacbaja, por la dedicación para prepararme y guiarme como profesional en el área agrícola.

Ing. Agr. Efraín Mendoza, por su experiencia y colaboración en el desarrollo del presente documento.

Ing. Agr. Jorge Mario Corzo, por la oportunidad y apoyo para desarrollarme profesionalmente como Ingeniera Agrónoma. Y a todo el equipo de trabajo del Departamento Técnico Agrícola, por la colaboración, apoyo y amistad brindada.

CONTENIDO	PÁGINA
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	1
CAPÍTULO I	3
1. DIAGNÓSTICO DE LOS LOTES DE SIEMBRA DE PALMA ACEITERA, NATURACEITES S.A. FRAY BARTOLOMÉ DE LAS CASAS, ALTA VERAPAZ, GUATEMALA, C. A.	3
1.1 PRESENTACIÓN	4
1.2 MARCO REFERENCIAL	6
1.2.1 EXTENSIÓN TERRITORIAL	6
1.2.2 ASPECTOS BIOFÍSICOS.....	6
1.2.2.a CLIMA	6
1.2.2.b FISIOGRAFÍA – GEOMORFOLOGÍA	6
1.2.2.c HIDROGRAFÍA	7
1.2.2.d SUELOS	9
A) CLASIFICACION DE SUELOS	9
1.3 OBJETIVOS	12
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	12
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
1.4 METODOLOGÍA.....	13
1.4.1 GABINETE.....	13
1.4.2 CAMPO.....	13
1.5 RESULTADOS	14
1.5.1 INFORME GENERAL DE LA EMPRESA.....	14
1.5.2 VISIÓN	14
1.5.3 ANTECEDENTES HISTÓRICOS	14
1.5.4 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	15
1.5.5 SUELOS DE LA EMPRESA.....	16
1.5.5.a PROFUNDIDAD DE SUELOS	16
1.5.5.B CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LOS SUELOS	17

CONTENIDO	PÁGINA
1.5.6 MANEJO Y ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES.....	21
1.5.6.a LIMPIEZA Y PREPARACION DEL TERRENO	21
1.5.6.b DRENAJES Y VIAS DE ACCESO.....	21
A) CAMINO TERCARIO DE COSECHA	21
B) CAMINO SECUNDARIO DE COSECHA	21
C) CAMINO PRIMARIO DE COSECHA.....	21
D) DRENAJE	22
E) PUENTES.....	23
1.5.6.c ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIÓN	24
A) SELECCIÓN DE AREAS	24
B) DENSIDAD DE SIEMBRA.....	24
1.5.6.e MÉTODO DE PLANTACIÓN	25
1.5.6.f MANEJO DE PLANTACIÓN	26
a) MANTENIMIENTO DE CÍRCULOS	26
B) MANTENIMIENTO DE INTERLINEAS	26
1.5.7 DEPARTAMENTO TÉCNICO AGRÍCOLA	26
1.5.7.a SANIDAD VEGETAL.....	26
1.5.7.b NUTRICIÓN VEGETAL.....	27
1.5.7.c INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA	28
1.5.7.d LABORATORIO AGRÍCOLA.....	28
1.5.8 INFRAESTRUCTURA, MAQUINARIA Y EQUIPO.....	28
1.5.9 COMERCIALIZACIÓN Y DESTINOS DE EXPORTACIÓN.....	29
1.6 CONCLUSIONES.....	30
1.7 RECOMENDACIONES	31
1.8 BIBLIOGRAFÍA	32
1. CAPÍTULO II.....	33
CARACTERIZACIÓN DEL DESARROLLO RADICULAR DE PALMA ACEITERA	
(<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.), EN PLANTACIONES COMERCIALES	
NATURACEITES S.A., UBICADAS EN LA FRANJA TRANSVERSAL DEL	
NORTE DE GUATEMALA, GUATEMALA C.A.	33
2.1 PRESENTACIÓN.....	34

	iii
CONTENIDO	PÁGINA
2.2 MARCO TEÓRICO.....	35
2.2.1 MARCO CONCEPTUAL.....	35
2.2.1.a Clasificación de las palmas de aceite	35
2.2.1.b El sistema radicular.....	36
2.2.1.c El tallo	38
2.2.1.d Las hojas	39
2.2.1.e Las inflorescencias masculina y femenina	41
2.2.1.f Polinización.....	43
2.1.7 El fruto y los racimos.....	44
2.2.2 Variedad de palma aceitera	45
2.2.3 Clima.....	46
2.3 OBJETIVOS	52
2.3.1 Objetivo general.....	52
2.3.2 Objetivos específicos	52
2.4 JUSTIFICACIÓN	53
2.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	54
2.6 METODOLOGÍA.....	55
2.6.1 Ubicación	55
2.6.2 Selección de las parcelas	55
2.6.3 Método de medición del sistema radical	55
2.6.4 Parámetros de crecimiento	56
2.6.5 Análisis de información	57
2.7 RESULTADOS	59
2.8 DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	76
2.9 CONCLUSIONES.....	79
2.10 BIBLIOGRAFÍA	80
2.11 ANEXOS	81
3. CAPÍTULO III.....	87
3 SERVICIOS REALIZADOS EN EL ÁREA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA, DEPARTAMENTO TÉCNICO AGRÍCOLA, NATURACEITES, FRAY BARTOLOMÉ DE LAS CASAS, ALTA VERAPAZ.	87

CONTENIDO	iv PÁGINA
3.1 PRESENTACIÓN	88
3.2 RECOLECCION, IDENTIFICACION Y CUANTIFICACION DE POLINIZADORES EN INFLORESCENCIAS MASCULINAS.....	89
3.2.1 OBJETIVOS	89
3.2.2 METODOLOGÍA.....	89
3.2.2.a MATERIALES	89
3.2.2.B MÉTODO.....	89
3.2.3 RESULTADOS	90
3.3 RELACIÓN INFLORESCENCIAS MASCULINAS Y FEMENINAS EN PERIODO DE PREANTESIS Y ANTESIS	95
3.3.1 PRESENTACIÓN	95
3.3.2 OBJETIVOS	95
3.3.3 METODOLOGÍA.....	96
3.3.3.A MATERIALES.....	96
3.3.3.b MÉTODO	96
3.3.4 RESULTADOS.....	97

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
Cuadro 1 Fincas comerciales de la empresa NaturAceites S. A.	9
Cuadro 2 Tipos de suelo, según la clasificación de suelos FAO/UNESCO de lotes comerciales de siembra de palma ubicados en la Franja Transversal del Norte.	16
Cuadro 3 Niveles freáticos y profundidad de los suelos.	17
Cuadro 4 Plan de fertilización en lotes comerciales de palma aceitera NaturAceites S.A. Franja Transversal del Norte.	18
Cuadro 5 Análisis de suelos en lotes de siembra, Franja Transversal del Norte	19
Cuadro 6 Niveles óptimos de nutrientes al suelo	20
Cuadro 7 Distanciamiento y densidad de siembra por variedad de palma en lotes ubicados en la Franja Transversal del Norte.	25
Cuadro 8 Aptitud de la tierra para palma aceitera, según características climáticas.	48
Cuadro 9 Propiedades del suelo y aptitudes para palma aceitera.	50
Cuadro 10 Limitaciones del suelo e impactos	50
Cuadro 11 Referencia de palmas por edad, lote y finca de ubicación.	60
Cuadro 12 Longitud total de raíces por edad de las palmas.	61
Cuadro 13 Distribución de raíces de palma con seis meses de edad.	64
Cuadro 14 Distribución de raíces de palma con 12 meses de edad.	65
Cuadro 15 Distribución de raíces de palma con 18 meses de edad.	66
Cuadro 16 Distribución de raíces de palma con 24 meses de edad.	67
Cuadro 17 Distribución de raíces de palma con 30 meses de edad.	68
Cuadro 18 Distribución de raíces de palma con 36 meses de edad.	69
Cuadro 19 Crecimiento de raíz por día	70
Cuadro 20 Parámetros de crecimiento de la palma aceitera de uno a 36 meses de siembra.	72
Cuadro 21 Coeficiente de correlación entre parámetros de crecimiento de la hoja de muestreo y el diámetro de estipe de la palma aceitera.	73
Cuadro 22 Materia seca e Índice de masa foliar de la palma aceitera de uno a 36 meses de siembra.	74

CUADRO	PÁGINA
Cuadro 23 Coeficiente de correlación de parámetros aéreos con las raíces de la palma de acuerdo a su edad.....	75
Cuadro 24 Promedio poblacional <i>E. kamerunicus</i> en inflorescencia masculina, en distintas fincas, Franja Transversal del Norte. Año 2011	91
Cuadro 25 Promedio poblacional <i>E. subvittatus</i> en inflorescencias masculinas, en distintas fincas, Franja Transversal del Norte, año 2011.	92
Cuadro 26 Promedio poblacional <i>M. costaricensis</i> en inflorescencias masculinas, en distintas fincas, Franja Transversal del Norte, año 2011.	93
Cuadro 27 Relación de inflorescencias en periodo de pre antesis en distintas fincas, Franja Transversal del Norte, año 2011.....	98
Cuadro 28 Relación de inflorescencias femeninas sobre una masculina en periodo de antesis, lotes de siembra Franja Transversal del Norte, año 2011.	99
Cuadro 29 Relación de insectos polinizadores en inflorescencias femeninas por área de muestreo. Franja Transversal del Norte, año 2011.....	101

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Figura 1 Caminos de cosecha.....	22
Figura 2 Drenajes o quíneles	23
Figura 3 Puente o vía de acceso.....	23
Figura 4 Diseño y método de siembra de palma aceitera en la Franja Transversal del Norte. Fuente: Manual técnico para el cultivo de palma (2005).	25
Figura 5 Círculo o plato de palma	26
Figura 6 Palma aceitera (<i>Elaeis guineensis</i>)	35
Figura 7 a) raíz de palma aceitera; b) crecimiento de raíces de palma aceitera	38
Figura 8 Tronco o estipe de palma aceitera	39
Figura 9 Hoja de palma aceitera	40
Figura 10 Filotaxia de la palma aceitera, A) espiral descendente hacia izquierda; B) espiral descendente hacia derecha	41
Figura 11 Inflorescencia masculina (izquierda); Inflorescencia femenina (derecha)	42
Figura 12 Fruto de palma aceitera	45
Figura 13 Cobertura vegetal utilizada en palma aceitera	51
Figura 14 Medición de raíces con software especial.....	57
Figura 15 Tendencia longitudinal de raíces de uno a 36 meses de edad.	62
Figura 16 Distribución radicular de palma de seis meses de edad.	63
Figura 17 Distribución radicular de palma con 12 meses de edad.	64
Figura 18 Distribución radicular de palma de 18 meses de edad.....	65
Figura 19 Distribución radicular de palma de 24 meses de edad.....	66
Figura 20 Distribución radicular palma de 30 meses de edad.....	68
Figura 21 Distribución radicular palma de 36 meses de edad.....	69
Figura 22 Parámetros de crecimiento de hoja de muestreo correlacionado con el estipe de la palma, de uno a 36 meses de edad.....	73
Figura 23 representación del área foliar con respecto a raíces por edad en palma aceitera.	75

FIGURA	PÁGINA
Figura 24 Distribución y desarrollo de raíces de palma a los seis meses, en suelos propios de la empresa NaturAceites S. A. ubicada en la Franja Transversal del Norte.	81
Figura 25 Distribución y desarrollo de raíces de palma a los 12 meses, en suelos propios de la empresa NaturAceites S. A. ubicada en la Franja Transversal del Norte.	81
Figura 26 Distribución y desarrollo de raíces de palma a los doce meses, en suelos propios de la empresa NaturAceites S. A. ubicada en la Franja Transversal del Norte.	82
Figura 27 Distribución y desarrollo de raíces de palma a los 24 meses, en suelos propios de la empresa NaturAceites S. A. ubicada en la Franja Transversal del Norte.	82
Figura 28 Distribución y desarrollo de raíces de palma a los 30 meses, en suelos propios de la empresa NaturAceites S. A. ubicada en la Franja Transversal del Norte	83
Figura 29 Distribución y desarrollo de raíces de palma a los 36 meses, en suelos propios de la empresa NaturAceites S. A. ubicada en la Franja Transversal del Norte.	83
Figura 30 Lotes comerciales de siembra de palma aceitera, NaturAceites S. A. localizadas en la Franja Transversal del Norte.	84
Figura 31 Lotes comerciales finca La peñita, siembra de palma aceitera ubicada en Chahal, Alta Verapaz	84
Figura 32 Lotes comerciales finca Sacol, siembra de palma aceitera, ubicada en Livingston, Izabal	85
Figura 33 Lotes comerciales finca Yalcobé, siembra de palma aceitera ubicada en Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.....	85
Figura 34 Lotes comerciales Finca El Canaleño, siembra de palma aceitera ubicada en Raxruhá, Alta Verapaz.....	86
Figura 35 Insectos polinizadores de palma aceitera, coleópteros Izquierda Curculionidae (Elaeidobius kamerunicus); centro curculionidae (Elaeidiussubvittatus); derecha Nitidulidae (Mystropscostaricensis).....	90

FIGURA

PÁGINA

Figura 36 A) Inflorescencia masculina en antesis con polinizadores; B) Recolección de polinizadores; C) Separación de polinizadores de inflorescencia; D) <i>E. subvittatus</i> en inflorescencia masculina (vista estereoscopio 10X).....	91
Figura 37 Promedio poblacional de <i>E. kamerunicus</i> en inflorescencia masculina en distintas fincas ubicadas en la franja transversal del norte, año 2011.	92
Figura 38 Promedio poblacional de <i>E. subvittatus</i> en inflorescencia masculina en distintas fincas ubicadas en la franja transversal del norte, año 2011.	93
Figura 39 Promedio poblacional de <i>M. costaricensis</i> en inflorescencia masculina en distintas fincas ubicadas en la franja transversal del norte, año 2011.	94
Figura 40 Inflorescencia femenina; izquierda pre antesis, centro antesis, derecha pos antesis.	97
Figura 41 Inflorescencia masculina; izquierda y centro pre antesis, derecha antesis.....	97
Figura 42 Relación de inflorescencias en periodo de pre antesis en distintas fincas, Franja Transversal del Norte, año 2011.....	98
Figura 43 Relación Inflorescencias en periodo de antesis, en distintos lotes, Franja Transversal del Norte, año 2011.....	100
Figura 44 Relación de insectos polinizadores en inflorescencias femeninas por área de muestreo. Franja Transversal del Norte, año 2011.....	101

TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN LA EMPRESA NATURACEITES S. A. UBICADA EN EL MUNICIPIO DE FRAY BARTOLOMÉ DE LAS CASAS, ALTA VERAPAZ, GUATEMALA C.A.

RESUMEN

La empresa NaturAceites S. A., empresa tiene como finalidad la producción de aceite de palma aceitera. La empresa inicia en ámbito agrícola en el año de 1998, con el nombre de Indesa S. A., en la región del Polochic. En el año 2002 inicia la producción de frutos de las palmas de siembra, alcanzando 47 mil toneladas de fruta. En el año 2006 amplía el área agrícola hacia la franja transversal del norte, en el municipio de Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, conocida como Padesa S. A. Como estrategia de mercado deciden unificar las dos áreas, con el área de refinería ubicada en Escuintla y crean lo que actualmente se conoce con el nombre de NaturAceites S. A.

En la franja transversal del norte, de acuerdo al diagnóstico elaborado, el cultivo de palma aceitera es trabajado desde el pre-vivero, vivero y los campos de siembra definitivos. La empresa cuenta con los requerimientos necesarios para que las palmas llevadas a siembra sean las de mejores características; así también la mejora de suelos, mediante prácticas agrícolas. Para lograr la calidad de la palma se cuenta con todo el personal calificado y las áreas necesarias para su cuidado.

El departamento técnico agrícola surge de las necesidades de mejorar la calidad del producto que se lleva a la planta extractora. Dicho departamento cuenta con distintas divisiones como: nutrición vegetal, sanidad vegetal, investigación agrícola, laboratorio agrícola, área de compostaje, sistema de información geográfica. A la vez, la empresa cuenta con el Departamento agrícola que se encarga del cuidado y mantenimiento de las palmas; el Departamento de gestión ambiental encargado del cuidado y protección del medio ambiente y el Departamento de Planta extractora encargados de la extracción del aceite de los frutos de racimos maduros (aceite rojo y palmiste).

Para que la producción de aceite sea de buena calidad, se debe cuidar el cultivo desde la elección de semilla. En el vivero se descarta si presentan algún problema o deficiencia, al campo se llevan las palmas que no presentan problemas fisiológicos, de esta manera se obtendrá el mayor rendimiento en producción. Para alcanzar esto se estudia el sistema radicular de las palmas, ya que éste es el responsable del rendimiento de la planta,

por ser el sostén y la vía de alimentación. Es decir, el sistema radicular es el encargado de absorber y enviar los nutrientes hacia los lugares de la planta en donde son aprovechados por la misma, para su crecimiento, desarrollo y producción.

Lo importante de conocer el sistema radicular en las distintas edades de las palmas, es que permite definir los criterios a tomar en cuanto a planes de fertilización, aplicación de los fertilizantes en el área adecuada. De esta manera se evitan pérdidas en la aplicación, reflejadas en la parte aérea con deficiencias, las cuales conducen a enfermedades que producen pérdidas en las plantaciones.

La investigación consistió en conocer el desarrollo y distribución de las raíces de la palma desde que se lleva a campo hasta llegar a los tres años de edad. Se estudiaron la longitud y área de suelo ocupada por las mismas; debido a la falta de información de este sistema. El resultado de la investigación consiste en observar raíces adventicias sin raíz pivotante, las raíces se dividen en: raíces primarias que son el sostén de la palma, conectadas a las raíces secundarias las que presentan raíces terciarias y cuaternarias, estas últimas son las encargadas de absorber y nutrir a la palma de minerales que utilizará para su buen crecimiento y desarrollo. La distribución de las raíces se encuentran en mayor abundancia en el perfil superficial de suelo hasta aproximadamente 0.40 metros de profundidad, a mayor profundidad es menor la cantidad de raíces, no obstante siempre se han de encontrar.

Los servicios que se realizaron en la empresa fueron: la recolección, identificación y cuantificación de insectos polinizadores en inflorescencias masculinas, así también la relación de inflorescencias femeninas por masculinas en período de pre-antesis y antesis. Dichas actividades sirven para conocer a los insectos polinizadores de la palma, la fluctuación poblacional de los mismos. Se determinó si la cantidad de insectos es la adecuada en las inflorescencias masculinas, para transportar el polen a las inflorescencias femeninas; así también se realizó un estudio de relación de inflorescencias para determinar si las inflorescencias masculinas son apropiadas para que los polinizadores alcancen a fecundar todas las flores femeninas y así lograr la mayor cantidad de racimos de fruta fresca normales. Los servicios fueron laborados en 9 meses del ejercicio profesional supervisado.

CAPÍTULO I

**DIAGNÓSTICO DE LOS LOTES DE SIEMBRA DE PALMA ACEITERA,
NATURACEITES S.A. FRAY BARTOLOMÉ DE LAS CASAS, ALTA
VERAPAZ, GUATEMALA, C. A.**

1.1 PRESENTACIÓN

La palma aceitera pertenece a la familia Aracaceae, del género *Elaeis* del griego *elaion* que significa aceite, fue introducida en Guatemala en la década de los '80, siendo en 1988, donde se registra formalmente la siembra de la palma, obteniendo en 1991 y 1992 las primeras cosechas de los frutos de la palma.

El cultivo de palma se ha ido desarrollando durante los últimos años, Guatemala genera el mayor rendimiento de aceite de palma cultivada por hectárea, aproximadamente 5 ton/ha cultivada.

La empresa NaturAceites S. A., antiguamente conocida como PADESA (Palmas de Desarrollo S.A.), es una empresa dedicada al cultivo de palma aceitera, desde el 2006 en el municipio de Fray Bartolomé de las casas, Alta Verapaz fundada por Juan Ulrico Maegli Müller, reconocido terrateniente en la zona del Polochic.

El municipio de Fray Bartolomé de las Casas, fue la segunda sede del cultivo de palma aceitera de la empresa NaturAceites S. A. iniciando con la siembra de palma en el 2008, las características del lugar son adecuadas para el desarrollo de las palmas, encontrando factores como cantidad horas luz, precipitaciones y tipos de suelo que permiten el desarrollo normal de los cultivos.

El presente documento fue elaborado en el departamento técnico agrícola en el área de investigación de la empresa NaturAceites S. A., ubicada en Fray Bartolomé de las casas, Alta Verapaz; el departamento nace de las necesidades de mejorar y evitar problemas en las plantaciones, prestando servicios, como mejoramiento nutricional, control de plagas y enfermedades, estudio de productos a aplicar o factores que afecten el desarrollo y crecimiento del cultivo.

Al realizar el diagnóstico en los lotes de siembra en plantaciones de palma aceitera, se encuentra como un problema principal, la escasa información y conocimiento acerca de las características de desarrollo de raíces de las palmas en distintas edades, a la vez la interacción que se da entre las raíces y el desarrollo externo de la palma (estipe, hojas, foliolos).

Los lotes de siembra están distribuidos en distintos municipios ubicados en Raxruhá, Fray Bartolomé de las Casas, Chahal, Boloncó, Livingston; los proyectos de siembra son del 2008, 2009, 2010 y 2011 ampliando para los siguientes años.

1.2 MARCO REFERENCIAL

1.2.1 EXTENSIÓN TERRITORIAL

El municipio de Fray Bartolomé de las Casas, se encuentra ubicado dentro de la Región II (Norte) de la República de Guatemala, comprendida por los departamentos de Alta y Baja Verapaz, que abarcan una extensión de 11,978 kilómetros cuadrados, correspondientes al 11% de la superficie del país.

La Región II está limitada al norte con el departamento del Petén, al sur con los Departamentos de Chimaltenango y Guatemala; al oeste con el Departamento de Quiché y al este con los departamentos de Izabal, Zacapa y el Progreso.

El municipio de Fray Bartolomé de las Casas tiene una extensión territorial de 1,229 km². Las distancias de las comunidades rurales a la cabecera municipal varían 5 a 50 kilómetros lineales.

La empresa NaturAceites S.A. cuenta con una extensión adicional de 4,500 hectáreas solo en el municipio de Fray Bartolomé de Las Casas (Marcos, B 2010).

1.2.2 ASPECTOS BIOFÍSICOS

1.2.2.a CLIMA

De acuerdo al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, el municipio presenta clima caliente húmedo, con lluvias abundantes todo el año.

La temperatura media anual es de 24° C, con un brillo solar promedio de 2000 a 2200 horas/sol/año, humedad relativa de 85 a 90%, y precipitación pluvial promedio de 2000 a 2200 milímetros anuales (Marcos, B 2010).

1.2.2.b FISIOGRAFÍA – GEOMORFOLOGÍA

El municipio se encuentra dentro de la Región Fisiográfica de las Tierras Altas Sedimentarias, que se define al norte por los márgenes de la cuenca de Petén y al sur por las fallas y contactos que la separan de la parte dominante cristalina del altiplano. Esta región se extiende desde la actual frontera con México al oeste, hacia las montañas del Mico (Izabal) en el este (Marcos, B 2010).

Es predominante la fisiografía denominada tierras altas sedimentarias, en las que el material parenteral es de origen calcáreo (carbonato de calcio), forman afloramiento rocoso, montañas escarpadas, siguanes (sumideros), cavernas y mogotes (cerritos en forma de volcán). La topografía plana se localiza en la parte central y noroccidental, el área escarpada se localiza al sur en el Piamonte de la Sierra de Chamá, los ramales de las montañas Mayas se localizan al nororiente.

Este relieve conforma la vertiente de los cuerpos de agua hacia el río La Pasión. Esto origina la escasez de fuentes de agua en la parte oriental del Municipio.

Para el territorio se distinguen los siguientes Grandes Paisajes:

- Sierra Plegada de Chamá: Constituye el eje central Norte del País, desde el Occidente de Huehuetenango hasta el Norte de Izabal, pasando por Quiché y Alta Verapaz. Está formada por una serie de lomas plegadas en el sentido Este-Oeste, con pocas corrientes de drenaje superficial debido a su topografía cárstica.

- Planicies Estructurales de la Sierra de Chamá: Se encuentra a todo lo largo de la Sierra de Chamá, desde la parte central del departamento de Quiché, Alta Verapaz y Noreste de Izabal. Son superficies casi planas de forma alargada, en sentido Este-Oeste, con pendientes menores de 3%, disecadas por drenajes que dejan espacios interfluviales de 1 a 5 kilómetros de ancho (Sinaj, JA 2007)

1.2.2.c HIDROGRAFÍA

Este recurso es muy importante, constituye una de las principales fuentes de abastecimiento para el suministro de agua, especialmente para el casco urbano, los ríos primarios y su importancia económica en el Municipio son:

El río Sebol, tiene una longitud desde su nacimiento de 60 kilómetros hasta que su caudal desemboca en el río Salinas; principalmente a partir del año 1980 sus aguas son criaderos de peces y moluscos, entre ellos el róbalo, chopa, machaca, tilapia, camarón, caracol y jute, los pobladores que residen en sus orillas utilizan sus aguas para aseo personal, lavado de ropa y consumo doméstico, además de realizar sus necesidades fisiológicas, por lo que se considera que en poco tiempo se convierta en un foco de enfermedades.

Sus aguas se utilizan también como bebederos para animales de las fincas Sebol, Azacuanes, La Asunción, Carrizal, Secaca I y Guayacán, que se ubican en su recorrido por el Municipio. Adicionalmente, sus aguas son utilizadas por las comunidades de San Simón la Bota, Caserío Arenal I y II, Microparcelamiento Erial del Pilar y El Rosalito.

Perdió su importancia económica con la construcción del tramo carretero denominado Franja Transversal del Norte al final de la década de los setenta.

El Santa Isabel o Cancuén, su recorrido por el Municipio es de 122.50 kilómetros, nace en las montañas de Belice y desemboca en el río La Pasión.

Sus aguas son de corrientes rápidas, amenazadas por focos de contaminación (excremento humano y de animales) debido a que en sus orillas se ubican poblaciones como San Pablo Tuilá, Pomilá y Yaxhá. Se utiliza como límite natural entre los departamentos de Alta Verapaz y Petén. Es navegable en época de seca, constituye un medio para transportar personas de una comunidad a otra.

El río, Boloncó nace en las proximidades del caserío Chinacolay, con recorrido de 25.65 kilómetros, cuya desembocadura es en el río Santa Isabel, pasa por las comunidades de Boloncó y caserío Crucero Calle IV.

Río Chinic, es un afluente del río Boloncó, nace en las cercanías de la Aldea Champegüano, se une con el río Chajmaic Cajbón, su longitud es de 21.55 kilómetros, cercano a las comunidades de caserío La Ceiba, Calle II, Calle III, Calle IV, Secocbolzo y el Caserío Chinic.

El río Chajmaic, cuya vertiente constituye fuentes de abastecimiento de agua para comunidades aledañas como Chajmaic, Semuy Coxha, Chinamuy Coxha, Seye, comunidad Salaguna y Sécate, así como la finca Semocox; sin embargo en su orilla se localizan basureros clandestinos y sus aguas sirven para el aseo personal de habitantes de poblados aledaños.

Además de estos ríos, existen nacimientos de agua que forman riachuelos dentro de las fincas como Sebolito, Sisbila, Sepur, Cubejá, Tuilá y Chinajá, las cuales se acumulan en estanques formados por los propietarios, para bebederos del ganado. También existen

lagunas como la Poza del Danto y Sechacti, de aguas claras y poca profundas propicias para practicar natación y la distracción familiar; la laguna de Boloncó que su función principal es el abastecimiento de agua entubada para las viviendas del poblado (Sinaj, JA 2007).

1.2.2.d SUELOS

Los lotes de siembra se encuentran a lo largo de la franja transversal, en el estudio de raíces se trabaja únicamente en algunos lotes comerciales como lo son: Yalcobé, La peñita, Sacol y el Canaleño; en el cuadro 1 se detalla la ubicación de cada finca.

Cuadro 1 Fincas comerciales de la empresa NaturAceites S. A.

FINCA	UBICACIÓN	TAMAÑO
Yalcobé	Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz	626.27 Ha
La Bacadilla	Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz	497.88 Ha
El Canaleño	Raxruhá, Alta Verapaz	501.07 Ha
La Peñita	El Chahal, Alta Verapaz	445.91 Ha
Sacol	Livingston, Izabal	1143.71 Ha
El Rosario	Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz	1367.55 Ha

Fuente: Departamento técnico agrícola, 2011

a) CLASIFICACION DE SUELOS

Según la clasificación de suelos de la FAO, UNESCO que agrupa siete órdenes, producto de variedad de climas y procesos de formación geológica (MARN 2009); en los lotes comerciales de la empresa NaturAceites, se tiene suelos predominantes de órdenes Inseptisoles, Ultisoles, a continuación se describe cada orden.

Inseptisoles: Origen latín inceptum, comienzo, inepción, horizontes pedogénico incipientes.

Son suelos poco desarrollados. Carecen de desarrollo suficiente para caer en los otros órdenes pero tienen más desarrollo que los entisoles. Esta carencia puede ser causada por varios factores:

El depósito puede ser reciente. El proceso de meteorización ha sido activado por un periodo muy corto de tiempo para desarrollar horizontes. Los suelos con alto porcentaje de cenizas volcánicas pueden ser inceptisoles.

El material parental puede ser resistente a la meteorización, retrasando el desarrollo. Algunas arenas de cuarzo pueden ser inceptisoles.

La erosión pudo ser lo suficiente rápida para remover el suelo desarrollado antes de formarse los horizontes estables. Lentas, deposiciones periódicas también podrían ser efectivas para evitar el desarrollo de horizontes pedogénico.

La humedad, el frío y otras condiciones que retrasan la traslocación y la meteorización en el suelo permiten a los inceptisoles existir más tiempo de lo que pasaría en otras condiciones de aireación o en suelos más cálidos (Donahue 1981).

Ultisoles: Origen latín ultimus, ultimo, altamente lavado, acumulación de arcilla en el horizonte B

Son suelos de áreas húmedas de saturación de base muy baja, para ser alfisoles o molisoles pero no tan húmedos para ser oxisoles. Generalmente los Ultisoles tienen su origen en climas húmedos, temperaturas tropicales a subtropical.

Con un buen nivel de manejo, los Ultisoles pueden ser algunos de los suelos más productivos del mundo. Están presentes en áreas libres de helada por periodos largos y también en áreas húmedas con precipitación suficiente para cultivos o con adecuadas reservas de agua para riego. Sin embargo, su reserva de nutrientes, aunque mejor que en los oxisoles, es baja a moderada. Son necesarias fertilizaciones y enclamientos para obtener moderadas a altas producciones en agricultura intensivas (Donahue 1981).

Alfisoles: Origen de pedalfér, Al de Aluminio y Fe de hierro, movimiento de Al, Fe y arcilla hacia el horizonte B.

Son suelos de alta base de saturación en áreas de precipitación suficiente para mover arcilla hacia abajo para formar una capa de arcilla acumulada. Estas áreas son principalmente bosques húmedos marginales o áreas muy húmedas donde se forman

suelos de materiales parentales con grandes cantidades de cal. Las características de los perfiles Alfisoles son:

- Movimiento de arcilla a un horizonte Bt (t del alemán ton, arcilla) donde se acumula.
- Un medio a alto suministro de cationes básicos, como calcio y magnesio, lo cual es evidencia de un moderado lavado.
- Agua disponible para el crecimiento de plantas por 3 o más meses de una estación cálida.

Si el relieve y el clima son favorables, muchos Alfisoles producirán bien en la agricultura. La mayoría son lixiviados de cal al menos varios pies de profundidad y son ligera a moderadamente ácido en el horizonte superficial. El lavado puede ser lo suficientemente severo para formar un horizonte lavado A2, generalmente la acumulación de arcilla no es favorable para el desarrollo de las plantas, particularmente si la superficie esta erodada, exponiendo la arcilla como capa superficial (Donahue 1981).

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el diagnóstico general de actividades que se implementan en el cultivo de palma aceitera, de la empresa NaturAceites, Franja Transversal del Norte.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Detallar las actividades efectuadas en el cultivo de palmas en campo y establecer el problema principal en las plantaciones.
2. Conocer cada una de las áreas del departamento técnico agrícola y puntualizar sus labores.

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 GABINETE

La información recopilada es parte del trabajo realizado en el departamento técnico agrícola, este departamento perteneciente a la empresa NaturAceites S. A. se encarga de llevar un historial de estudios realizados a la palma aceitera, esto con la finalidad de proporcionar información a las áreas que lo requieran con el propósito de las mejoras y buena calidad del cultivo.

Los estudios a tomar en cuenta son aquellos relacionados con el tipo de suelo, diseño y siembra de las palmas, así también lo que refiere a mantenimiento, esto es importante para determinar el estado de las mismas, observar las deficiencias y requerimientos como lo saludable de ellas. Observando esto se concluye que la información no existente es aquella relacionada con el sistema radicular por lo que corresponde a realizar un estudio de las raíces de aquellas palmas que presenten las mejores variables morfo métricas, según las bases de datos correspondientes a dichas variables.

1.4.2 CAMPO

En esta fase se realiza un recorrido por las distintas plantaciones, para observar el sistema y el diseño de siembra, el estado físico de las palmas y establecer las palmas que servirán para muestreo, descartando aquellas que presenten un bajo rendimiento con respecto a las demás palmas. Al tener las palmas con mejores características se realiza una base de datos la cual nos servirá para ir conociendo las palmas y sus características de desarrollo.

1.5 RESULTADOS

Se inicia conociendo la empresa su dedicación, así también ubicación y área de cobertura.

1.5.1 INFORME GENERAL DE LA EMPRESA

NaturAceites, anteriormente conocida como Grasas y Aceites S.A. (PADESA), es una empresa que se dedica al cultivo de la palma aceitera, del cual se obtienen diversos productos, incluyendo los aceites y grasas comestibles, suplementos vitamínicos, concentrados para animales, jabones, detergentes, cosméticos, lociones y hasta poliuretano sin olvidar las alternativas para producir biodiesel (Marcos, B 2010).

1.5.2 VISIÓN

Ser una organización agroindustrial altamente eficiente en la producción y la comercialización de aceites, grasas derivados con un crecimiento permanente, orientado a la satisfacción de nuestros clientes, colaboradores e inversionistas al desarrollo de la sociedad y la conservación del medio ambiente (Marcos, B 2010).

1.5.3 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Los lotes de siembra comercial de cultivo de palma aceitera en el municipio de Fray Bartolomé de Las Casas, sede de la empresa Palmas del Polochic/INDESA, dedicada a la producción de aceites esenciales y grasas comestibles, a través de la empresa Grasas y Aceites S.A, (GRASA), contando con una planta procesadora en Escuintla bajo la marca comercial “Capullo” y habiendo concluido su expansión en los municipios de El Estor y Panzós hasta alcanzar las 6,000 has, en 2006 proyectó la expansión de sus plantaciones en un área adicional de 2,488 hectáreas y la instalación de una nueva planta procesadora en el municipio de Fray Bartolomé de Las Casas, al norte del departamento de Alta Verapaz (Marcos, B 2010).

Los estudios técnicos señalaron el parcelamiento de Fray Bartolomé de Las Casas como el lugar idóneo para el establecimiento de la plantación, atendiendo a sus características climáticas, geográficas, y la composición de sus suelos. La carretera que conecta al municipio con el Puerto Santo Tomás de Castilla en la Costa Atlántica –que próximamente será asfalta-, así como la presencia de infraestructura básica, igualmente, la

instalación de la planta procesadora en la localidad, la planta extractora se inaugura en agosto de 2011.

La producción de palma y aceite está concentrada la familia Maegli, entre sus principales negocios está Inversiones de Desarrollo, S.A. (INDESA) que produce palma aceitera en el sureste del Lago de Izabal, en los municipios de El Estor y Mariscos, Izabal; así mismo, posee Palmas de Desarrollo, S.A., con plantaciones en el municipio de Fray Bartolomé de Las Casas, Alta Verapaz, la cual se constituyó en 2006, con un capital de Q25 millones, y su presidente es Juan Ulrico Maegli Müller, que cuenta con una larga trayectoria empresarial y en la política nacional, es un reconocido terrateniente en la zona del Polochic.

A través de INDESA y otra empresa de su propiedad, Grasas y Aceites, S.A. (GRASA), producen aceite de palma en la planta localizada en Escuintla, cuya marca reconocida es «Capullo». INDESA es parte de la Fundación para el Fomento de los Recursos Naturales y el Desarrollo Sostenible de la Cuenca del Polochic, creada recientemente por fuertes grupos de interés económico en Izabal (Marcos, B 2010).

1.5.4 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La Empresa NaturAceites S.A, antes conocida como Palmas de Desarrollo. S.A. (PADESA), ubicada en el municipio de Fray Bartolomé de las Casas, se localiza al norte del departamento de Alta Verapaz, Guatemala, Centro América, aproximadamente a 15° 50' 44" latitud Norte y 89° 51' 57", longitud Oeste; a 146.34 metros sobre el nivel del mar.

Dista 110 kilómetros de la cabecera departamental (Cobán) y 325 kilómetros de la ciudad capital (Guatemala) (Guatemala-Río Dulce-Cadenas-Chahal-Fray) 420 kilómetros (Sinaj, JA 2007).

En el cuadro 6 (ver marco referencial), se pueden observar las diferentes fincas comerciales, pertenecientes a la empresa de NaturAceites S.A. En los anexos se podrá observar el mapa de distribución de fincas, así mismo la distribución específica de cada una.

Se procede a conocer los datos recopilados, pero antes de muestrear una palma se debe conocer como inicia la plantación, es decir, que actividades se realizan para que las palmas se encuentren en buen estado, comenzando con conocer los suelos en el cual se

desarrollan, el plan de manejo que se les da en la aplicación del fertilizante, dosis y aplicaciones por año.

1.5.5 SUELOS DE LA EMPRESA

El suelo la fuente importante para el desarrollo de las plantas, pues es donde las plantas se sostienen y adquieren la cantidad de nutrientes para su crecimiento y desarrollo. Los suelos tienen distintas características dependiendo el área a la que pertenezca, en el cuadro 2 se observan los distintos tipos de suelos para los lotes de siembra en donde se ubican las palmas de distintas edades mensuales, pertenecientes a la empresa NaturAceites S.A. en el marco referencial se detallan las características de cada tipo de suelos según la clasificación de suelos de la FAO/UNESCO.

Cuadro 2 Tipos de suelo, según la clasificación de suelos FAO/UNESCO de lotes comerciales de siembra de palma ubicados en la Franja Transversal del Norte.

Finca	Tipo de suelo	Edad de la palma en meses
Yalcobé	Ultisol	22 a 25, 27 a 29, 32, 34 36
El Canaleño	Ultisol	1 a 3, 18, 20, 21, 26
La Peñita	Inseptisol	30, 31, 33, 35
Sacol	*Ultisol/Inseptisol	4 a 10, 15,16,19, *17
Fca. Independiente	Alfisol/*Molisol	11, 13, 14, *12

Fuente: Elaboración propia; MAGA (2001), el *refiere al suelo de esa edad.

1.5.5.a PROFUNDIDAD DE SUELOS

La profundidad de los suelos, se determina mediante el nivel freático, debido a que este factor es un limitante para que el desarrollo de raíces llegue a niveles más bajos de suelo. Los niveles freáticos varían dependiendo de la época, siendo en la época húmeda en donde el agua se encuentra a niveles menos profundos, afectando el crecimiento y expansión de las raíces. Es de saber que se realizan quíneles, y canales de drenaje para evitar la

acumulación de agua en los distintos lotes y de esta manera aumentar la profundidad de suelos.

El cuadro 3. Define los niveles freáticos, para cada una de las fincas, estos son tomados mediante pozos de observación de 2 metros de profundidad, se detallan los máximos niveles y los mínimos niveles encontrados en un año, dependiendo de la época del año y el mes los niveles freáticos varían.

Cuadro 3 Niveles freáticos y profundidad de los suelos.

Finca	Nivel freático	Profundidad (m)	
	Máximo (m)	Máximo	mínimo
Yalcobé	1.5	2.0	0.50
La Peñita	1.9	2.0	0.10
El Canaleño	1.5	2.0	0.50
Sacol	1.5	2.0	0.50

Fuente: elaboración propia con datos de pozos de observación.

1.5.5.b CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LOS SUELOS

De acuerdo al lote comercial es la fórmula y dosis a aplicar, tomando en cuenta el proyecto de siembra.

El plan de fertilización utilizado en las diversas áreas se realiza de acuerdo a las necesidades de las palmas, tomando en cuenta la edad de las mismas y los factores que las han afectado, el plan de fertilización es asistido por asesores correspondientes a la nutrición vegetal, y basado en ensayos de balance de nutrientes y el potencial de respuesta a la aplicación de fertilizante en distintas dosis.

La importancia de tener un plan de fertilización, es para establecer el momento de aplicación de los nutrientes para que sean absorbidos por las raíces y estas se encarguen de transportarlos a todas las partes de la palma, haciendo que esta se desarrolle en óptimas condiciones, para lograr la producción de racimos de fruta fresca.

En el cuadro 4, se presenta el plan de fertilización utilizado para cada lote en donde se establecen las palmas con mejor desarrollo, en él se detalla la ubicación, la variedad de la palma, la cantidad de palmas por lote, la cantidad de hectáreas por lote, la fórmula del fertilizante comercial a utilizar, la dosis por palma en kilogramos, las aplicaciones que se realizan por año y los meses en que se aplica el fertilizante.

Cuadro 4 Plan de fertilización en lotes comerciales de palma aceitera NaturAceites S.A. Franja Transversal del Norte.

Finca	Pante	Variedad	Palmas	Ha	Formula	Dosis Kg/palma	Aplicación/ año	Meses de Aplicación
El Canaleño	1	La mé	7003	49.0	15.82-23.64-17.40	2.25	3	Febrero, Junio, Octubre
	3		7156	50.0	15.82-23.64-17.40	1.5		
	4	Ghana	6622	41.4	15.82-23.64-17.40	1.75		
	7		5008	31.3	15.82-23.64-17.40	1.00		
	18	La mé	2706	18.9	11.92N-6.83P2O5-23.94K2O-3.29(MgO)-4.05(S)-0.6(B)	0.45	5	Febrero, Abril, Julio, Septiembre, Noviembre
	19	La mé	3368	24.0	11.92N-6.83P2O5-23.94K2O-3.29(MgO)-4.05(S)-0.6(B)	0.6	5	Febrero, Abril, Julio, Septiembre, Noviembre
La Peñita	1	Ghana	3943	24.6	15.82-23.64-17.40	2.5	3	Febrero, Junio, Octubre
	7		4229	26.4	15.82-23.64-17.40	2.75		
Sacol	11	Ghana	5331	33.3	15.82-23.64-17.40	1.25		
	24		8391	52.4	15.82-23.64-17.40	1.25		
	25	Ghana	5720	35.8	15.82-23.64-17.40	1.25		
	32	Nigeria	2982	20.9	15.82-23.64-17.40	1.5		
Yalcobé	1	La mé	1780	12.4	14.18-0-34.60	2.25		
	2		7373	51.6	20.54-15.69-13.75	3.54		
	9	Ghana	6841	42.8	10.62-13.52-17.05-7.43MgO-9.13S	5		
	10		9228	57.7	20.54-15.69-13.75	3		
	11		8742	54.6	20.54-15.69-13.75	2.75		
	13	Nigeria	3677	25.7	20.54-15.69-13.75	2		
	14		7208	50.4	20.54-15.69-13.75	2.75		
	15		3759	26.3	20.54-15.69-13.75	2.5		

Al obtener el plan de fertilización se hace un análisis de los suelos, estos se realizan para condicionar la situación actual de los mismos y establecer el ámbito en el cual se desarrollan las palmas en sus distintos lotes de siembra. En el cuadro 5, se observa el análisis de suelo, por cada área en donde se encuentran las palmas de distintas edades mensuales. El análisis de suelos se realiza a los 20 centímetros de profundidad, por ser un cultivo anual.

Cuadro 5 Análisis de suelos en lotes de siembra, Franja Transversal del Norte

Finca	Edad	Pante	Variedad	CICE	P (ppm)	K meq/100g	Ca meq/100g	Mg meq/100g	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K	Acidez Intercambiable	Sat. Acidez %	Sat. K	Sat. Ca	Sat. Mg
El Canaleño	1	19	Nigeria	23.00	8	0.6	16.7	5.5	52.0	1	6.0	204	93	4	3.03	28.84	9.52	38.36	0.19	0.8	1.23%	35.41%	11.68%
	2	18	Nigeria	21.20	8	0.5	15.5	5.0	51.0	1	5.0	190	79	4	3.10	28.63	9.24	37.87	0.17	0.8	1.14%	32.72%	10.56%
	3	18	Nigeria	21.20	8	0.5	15.5	5.0	51.0	1	5.0	190	79	4	3.10	28.63	9.24	37.87	0.17	0.8	1.14%	32.72%	10.56%
Sacol	4	32	Nigeria	12.2	14	1.67	4.88	2.89	43	1	1	150	109	2	1.69	2.92	1.73	4.65	2.79	23	8.17%	23.86%	14.13%
	6	32	Nigeria	12.2	14	1.67	4.88	2.89	43	1	1	150	109	2	1.69	2.92	1.73	4.65	2.79	23	8.17%	23.86%	14.13%
	8	32	Nigeria	12.2	14	1.67	4.88	2.89	43	1	1	150	109	2	1.69	2.92	1.73	4.65	2.79	23	8.17%	23.86%	14.13%
	9	32	Nigeria	12.2	14	1.67	4.88	2.89	43	1	1	150	109	2	1.69	2.92	1.73	4.65	2.79	23	8.17%	23.86%	14.13%
	10	32	Nigeria	12.2	14	1.67	4.88	2.89	43	1	1	150	109	2	1.69	2.92	1.73	4.65	2.79	23	8.17%	23.86%	14.13%
	14	32	Nigeria	12.2	14	1.67	4.88	2.89	43	1	1	150	109	2	1.69	2.92	1.73	4.65	2.79	23	8.17%	23.86%	14.13%
	15	25	Ghana	31.3	10	1.1	19.26	7.25	40	3	4	184	40	3	2.66	17.5	6.59	24.1	3.68	12	5.38%	94.18%	35.45%
	16	25	Ghana	31.3	10	1.1	19.26	7.25	40	3	4	184	40	3	2.66	17.5	6.59	24.1	3.68	12	5.38%	94.18%	35.45%
	17	11	Ghana	17.5	2	1.32	6.58	3.31	110	3	2	112	269	1	1.99	4.98	2.51	7.49	6.33	36	6.45%	32.18%	16.19%
El Canaleño	18	7	Ghana	25.2	41	1.05	16.85	6.77	44	2	8	410	117	4	2.49	16.1	6.45	22.5	0.54	2	5.13%	82.40%	33.11%
Sacol	19	24	Ghana	19.6	19	1.41	9.18	6.15	87	1	4	233	157	3	1.49	6.51	4.36	10.87	2.87	15	6.89%	44.89%	30.07%
El Canaleño	20	3	La Mé	20.8	16	0.65	16.1	3.83	60	1	6	171	252	2	4.2	24.8	5.89	30.66	0.2	1	3.18%	78.73%	18.73%
Yalcobé	21	4	Ghana	10.4	3	0.44	7.2	2.16	30	1	4	144	263	2	3.33	16.4	4.91	21.27	0.55	5	2.15%	35.21%	10.56%
	22	11	Ghana	5.13	19	0.6	2.4	0.83	38	2	1	150	28	2	2.89	4	1.38	5.38	1.3	25	2.93%	11.74%	4.06%
	23	15	Nigeria	4.85	7	0.66	1.46	0.99	61	1	1	105	28	1	1.47	2.21	1.5	3.71	1.74	36	3.23%	7.14%	4.84%
	24	13	Nigeria	13.7	36	0.88	9.82	2.72	53	2	2	98	79	3	3.61	11.2	3.09	14.25	0.23	2	4.30%	48.02%	13.30%
El Canaleño	25	14	Nigeria	6.09	8	0.57	2.47	1.33	49	0	1	113	53	2	1.86	4.33	2.33	6.67	1.72	28	2.79%	12.08%	6.50%
	26	1	La Mé	6.01	4	0.38	3.96	0.85	28	1	2	70	88	1	4.66	10.4	2.24	12.66	0.82	14	1.86%	19.36%	4.16%
	27	10	Ghana	6.15	21	1.43	2.98	1.22	33	3	2	112	43	2	2.44	2.08	0.85	2.94	0.52	8	6.99%	14.57%	5.97%
Yalcobé	28	10	Ghana	6.15	21	1.43	2.98	1.22	33	3	2	112	43	2	2.44	2.08	0.85	2.94	0.52	8	6.99%	14.57%	5.97%
	29	9	Ghana	7.91	9	0.52	6.19	0.84	27	2	2	89	81	2	7.37	11.9	1.62	13.52	0.36	5	2.54%	30.27%	4.11%
La Peñita	30	7	Ghana	9.8	7	0.76	5.05	1.84	35	1	2	150	63	2	2.74	6.64	2.42	9.07	2.15	22	3.72%	24.69%	9.00%
	31	7	Ghana	9.8	7	0.76	5.05	1.84	35	1	2	150	63	2	2.74	6.64	2.42	9.07	2.15	22	3.72%	24.69%	9.00%
Yalcobé	32	10	Ghana	6.15	21	1.43	2.98	1.22	33	3	2	112	43	2	2.44	2.08	0.85	2.94	0.52	8	6.99%	14.57%	5.97%
La Peñita	33	7	Ghana	9.8	7	0.76	5.05	1.84	35	1	2	150	63	2	2.74	6.64	2.42	9.07	2.15	22	3.72%	24.69%	9.00%
Yalcobé	34	2	La Mé	13.7	12	0.81	9.29	3.37	30	1	1	75	73	2	2.76	11.5	4.16	15.63	0.18	1	3.96%	45.43%	16.48%
La Peñita	35	1	Ghana	16.4	10	0.88	11.58	3.15	54	2	2	181	66	3	3.68	13.2	3.58	16.74	0.79	5	4.30%	56.63%	15.40%
Yalcobé	36	1	La Mé	18.6	35	1.04	13.54	3.83	35	1	2	124	39	4	3.54	13	3.68	16.7	0.2	1	5.09%	66.21%	18.73%

Fuente: Análisis químico realizado agosto 2011.

Para que el análisis de suelo se encuentre en un estado favorable para el desarrollo de las palmas o simplemente obtenga lo necesario y requerido por la palma, se debe tomar en cuenta el cuadro de niveles óptimos de nutrientes, para determinar lo anteriormente mencionado. En el cuadro 6 se detallan los niveles óptimos de nutrientes para suelo de cultivo de palma, si el cuadro 5 se encuentra entre estos rangos no existe saturación ni deficiencia de algún nutriente, a menores cantidades provocará deficiencias, las cuales se corrigen con la aplicación del nutriente faltante o de su elemento movable; por contrario, si los niveles de nutrientes del cuadro 5 son mayores a los del cuadro 6, se menciona una saturación la que se corrige con no aplicación del nutriente o aportación de otro nutriente que disminuya el exceso del otro.

Cuadro 6 Niveles óptimos de nutrientes al suelo

suelo		Óptimo
pH	Cmol(+)/L	5.5 – 6.5
Ca		4.0 – 15
Mg		1.1 – 2.5
K		0.4 – 0.9
Acidez		< 0.3
SA	%	< 10
P	mg/L	15 – 25
Fe		30 – 100
Cu		5.0 – 20
Zn		3.0 – 10
Mn		30 -100
B		0.5 - 3.0
S		20 – 50
Ca/Mg		2.0 - 5.0
Ca/K		5.0 – 25
Mg/K		2.5 – 15
(Ca+Mg)/K		10.0 – 40

Fuente: Registros de la empresa NaturAceites S. A.

Se conoce el suelo en donde se establecieron las siembras de palma, es importante conocer también el manejo y cuidado que se les da a las palmas en campo, esto repercute en el rendimiento y crecimiento de las palmas.

1.5.6 MANEJO Y ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES

1.5.6.a LIMPIEZA Y PREPARACION DEL TERRENO

Para el diseño de plantación, se delimita el área de siembra, se realiza una limpia del lugar que incluye: el volteo de árboles y arbustos, la extracción de maderas, el acordonado y quema de material vegetal, luego se marcan los caminos principales, los drenajes y se identifican las principales depresiones y diversas características de importancia.

1.5.6.b DRENAJES Y VIAS DE ACCESO

El diseño de la red de vías de comunicación, sistemas de siembra, cosecha y evacuación de frutas se realiza en función a la red de drenaje, realizado de la siguiente manera:

a) CAMINO TERCIARIO DE COSECHA

Se encuentra al centro de un bloque conformado de 4 hileras de palma, en el cual la persona encargada de la cosecha lleva la fruta después de cortarla. Estos caminos son conocidos como centros fruteros de aproximadamente 45 metros de ancho, variando en longitud ya que esta depende de las palmas sembradas por hilera.

b) CAMINO SECUNDARIO DE COSECHA

De cuatro metros de ancho, estos caminos son una vía que sirve de camino principal para los caminos de recolección pequeños estos son utilizados por tractores o bueyes.

c) CAMINO PRIMARIO DE COSECHA

De seis metros de ancho, esta es la ruta principal de transporte a la que confluyen los caminos sub-principales, este conduce a los camiones cargados de fruta hacia la planta extractora.

Estos caminos son conocidos como calles, construidas cada 200 a 300 metros entre ellas.

En la figura 1 se observa como estan establecidos los distintos caminos de cosecha; las líneas verdes son hileras de palmas, que conforman un centro frutero, el cual cuenta con cuatro hileras de palma sembrada, al conjunto de centros fruteros se les conoce como pantes.

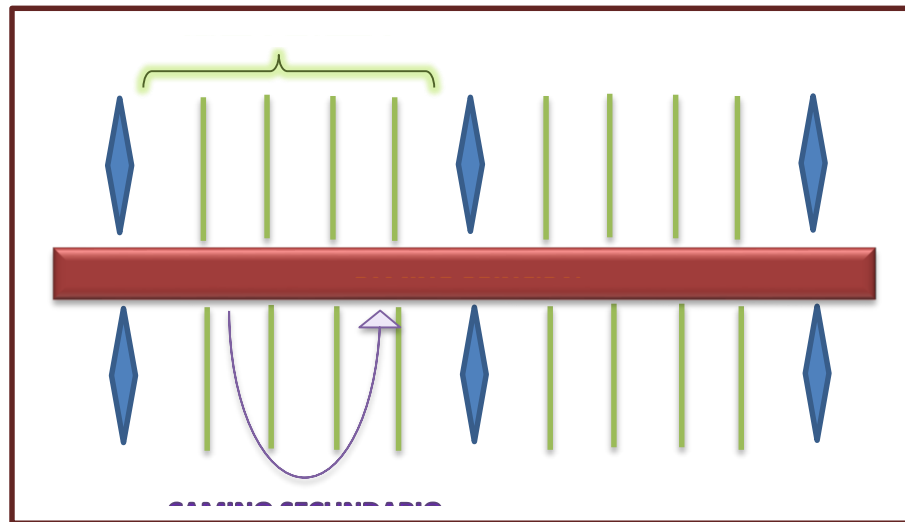


Figura 1 Caminos de cosecha

d) DRENAJE

El drenaje del área de siembra depende de la permeabilidad del suelo, considerando diversos parámetros como lo son: espacio poroso, textura y estructura del mismo.

El objetivo de crear drenajes, es para reducir el exceso de humedad, y aumentar la profundidad de los suelos, dependiendo de factores como: la pendiente, nivel freático y tipo de suelo, permitiendo la aireación del suelo y el transporte de CO_2 , producido por las raíces, microorganismos y reacciones químicas; así aumentar la absorción de nutrientes, el crecimiento y la producción del cultivo.

El tamaño de un quinel es variable, encontrando quineles de 1 a 3 metros de profundidad; el ancho depende de la profundidad del mismo. En la figura 2 se encuentra ilustrada la estructura de un sistema de drenaje.



Figura 2 Drenajes o quíneles

e) PUENTES

Los puentes son utilizados para el paso del personal, construidos en donde se colocaron los drenajes, canales, y paso de ríos, el material utilizado es madera, producto de árboles derribados en la limpieza del terreno.

Se colocan en la calle principal para el movimiento de camiones, tractores, bueyes y personal de trabajo.

En la figura 3 se observa un tipo de puente para traslado dentro de la finca. Únicamente es para traslado de personal de trabajo, para transporte pesado se utiliza una vía alterna. El puente está ubicado en la finca Sacol, propiedad de la empresa NaturAceites S. A.



Figura 3 Puente o vía de acceso

1.5.6.c ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIÓN

Los plantones de palma, salen de viveros propios de la empresa, estos se ubican en áreas específicas en los lotes; las plantas llegan a vivero después de tres meses en pre-vivero.

En vivero pasan doce meses, con mantenimiento y cuidados adecuados, evitando que existan problemas posteriores por un mal manejo en vivero.

Las palmas a campo definitivo salen al tener aproximadamente de 14 a 16 hojas funcionales, son transportadas en camiones hacia los lotes establecidos por el personal encargado.

a) SELECCIÓN DE AREAS

El área de siembra, se selecciona en base a estudios previos del lugar, tomando en cuenta el cultivo o plantas precedentes del lugar, las pendientes del terreno, la ubicación de ríos. En la preparación de terreno, los suelos de las áreas son subsolados, con esta práctica se fragmenta el suelo, destruyendo las capas compactadas, evitando el aumento de la resistencia mecánica del suelo, que restrinja el crecimiento de raíces a espacios de menor resistencia.

b) DENSIDAD DE SIEMBRA

La densidad de siembra va de acuerdo al área a plantar y el distanciamiento entre plantas; el sistema de colocación de plantas a utilizar es al tres bolillo.

Lo primero es realizar un estudio del área de trabajo, observación de partes altas y bajas, utilizando topografía se trazan las curvas a nivel a una distancia de 15 metros entre curvas; establecidas las curvas, la persona encargada realiza el diseño de calles, drenajes y el propio diseño de siembra.

En el cuadro 7 se detallan las variedades de palma establecidas en la empresa, el distanciamiento que se da entre plantas y calles, así la densidad de siembra por hectárea.

Cuadro 7 Distanciamiento y densidad de siembra por variedad de palma en lotes ubicados en la Franja Transversal del Norte.

Variedad	Distanciamientos (m)		Densidad
	Entre plantas	Entre calles	Planta/Ha
Deli x La Me	9	7.80	143
Deli x Nigeria	9	7.36	151
Deli x Ghana	8.50	7.38	160
Compacta	8.50	7.38	160

Fuente: Estudio realizado en empresa

1.5.6.e MÉTODO DE PLANTACIÓN

En campo definitivo las plántulas son sembradas por el personal encargado de siembra, el método de siembra es tres bolillos, colocando aproximadamente 143 palmas por hectárea con las dimensiones correspondientes según la variedad.

En la figura 4 se observa el diseño de plantación que se utiliza en palma aceitera en el área de la Franja Transversal del Norte.

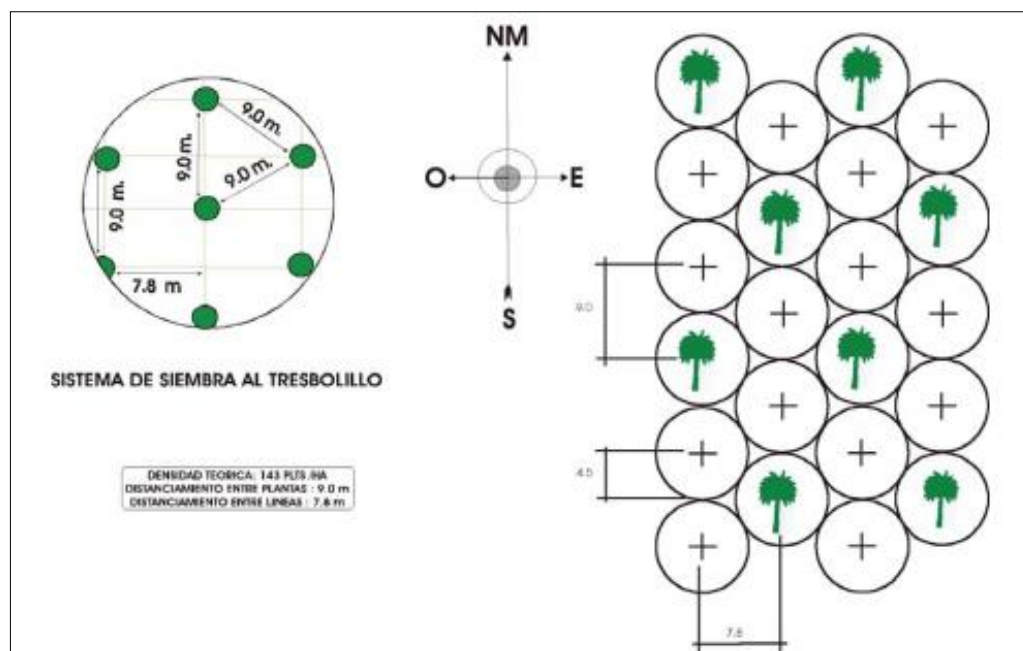


Figura 4 Diseño y método de siembra de palma aceitera en la Franja Transversal del Norte. Fuente: Manual técnico para el cultivo de palma (2005).

1.5.6.f MANEJO DE PLANTACIÓN

a) MANTENIMIENTO DE CÍRCULOS

Esta actividad se realiza del primer al cuarto año en campo definitivo, el propósito de realizar estos círculos es evitar la competencia de nutrientes con las raíces de las malezas, esta actividad se puede realizar de forma manual con machete o con químicos (herbicidas).

En la figura 5 se observa el área limpia en forma circular que abarca toda la copa de la palma.



Figura 5 Círculo o plato de palma

b) MANTENIMIENTO DE INTERLINEAS

Las interlineas son sembradas con cultivos de cobertura, para el aprovechamiento y aporte de nutrientes es utilizado el kudzú (*pueraria phaseoloides*), *Mucuna sp.*

El buen mantenimiento de las interlineas proporciona un medio ambiente adecuado para los insectos benéficos de la palma.

1.5.7 DEPARTAMENTO TÉCNICO AGRÍCOLA

1.5.7.a SANIDAD VEGETAL

El departamento técnico cuenta con el área de sanidad vegetal, este se encarga del monitoreo de plagas y enfermedades relacionados con la palma, estudia la incidencia de insectos, o algún patógeno, realizando control de los mismos para evitar el ataque de plagas que generen enfermedades mortales a la palma. Entre las actividades realizadas por el área de sanidad se encuentra la localización de insectos tales como:

- *Euprosteria eleasa*
- *Sibine fusca* (Stoll)
- *Leucothyreus* sp.
- *Stenoma cecropia*
- *Sibine magasomoides*
- *Brassolis sophorae*
- *Opsiphanes cassina*
- *Rhynchophorus palmarum*

Este último es vector del nematodo *Bursaphelenchus cocophilus*, este es el causante de la enfermedad del anillo rojo de la palma, esta enfermedad es letal para la palma ya que no existe método para curativo, más que el eliminar la palma afectada.

Otra actividad del área de sanidad es el monitoreo y control de enfermedades, como:

- Pudrición de flecha
- Doblamiento de corona
- Anillo rojo u hoja corta
- Arqueo foliar
- Pudrición basal seca
- Pudrición basal húmeda
- Pudrición de cogollo

1.5.7.b NUTRICIÓN VEGETAL

En el departamento técnico agrícola está el área de nutrición vegetal, esta se encarga de llevar el mejor control en el manejo de nutrientes de la palma, para evitar los desbalances nutricionales, deficiencias o saturaciones de elementos, para esto realiza el plan de manejo de fertilizantes visto en el cuadro 9, y seguido el análisis de suelo y foliares. Al obtener un adecuado balance nutricional, se evita la entrada de algún patógeno a la palma y se logra un mayor rendimiento de las mismas; para esto se realizan:

- Muestreos generales de palmas en todos los lotes de siembra.

- Lotes de seguimiento en palmas, de cada lote se toman parámetros de crecimiento, muestreos de suelos y muestreos foliares.
- Conteo de racimos formados próximos a cosecha.

1.5.7.c INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA

El área de investigación agrícola es parte también del departamento técnico agrícola, esta se encarga de realizar ensayos o experimentos que sean de utilidad para mejorar las condiciones de las palmas, recomienda la aplicación de algún producto, la utilidad de realizar un buen mantenimiento a la palma, si es necesario realizar algún control sea mecánico, manual, químico, etc.

Ensayos que se llevan a cabo por el área de investigación:

- Potencial de respuesta a distintas dosis de aplicación de fertilizante.
- Balance de nutrientes sobre el incremento de la producción de racimos.
- Relación de inflorescencias femeninas por masculina en área.
- Evaluación de la población de insectos polinizadores por inflorescencia y su relación con la formación de frutos.
- Pruebas de control de malezas.
- Prueba de distintos fertilizantes para mejorar rendimiento de la palma y disminuir costos.
- Pruebas de Control Biológico, esto se realiza con el apoyo del laboratorio agrícola.

1.5.7.d LABORATORIO AGRÍCOLA

Este perteneciente al departamento técnico, sirve de apoyo a todas las áreas del departamento, para el análisis de las pruebas, las actividades que se realizan en el son:

- Observaciones de nematodos *B. cocophilus*.
- Preparación de muestras de suelo y foliar para análisis.
- Aporte de materiales para la realización de ensayos.

1.5.8 INFRAESTRUCTURA, MAQUINARIA Y EQUIPO

La empresa cuenta con maquinarias pesada de tecnología moderna y equipo de alta calidad para la realizar las actividades en el campo a su vez cuenta con tractores,

carretones, talleres de mecánica y carpintería, oficinas actualizadas y vehículos de transporte inmediato como camiones, picops y motocicletas de campo.

1.5.9 COMERCIALIZACIÓN Y DESTINOS DE EXPORTACIÓN

El producto final (aceite de palma crudo), que es extraído en la planta extractora ubicada en Izabal, es mandado hacia una refinería ubicada en el departamento de Escuintla, luego de ser refinado es distribuido a los diferentes mercados entre los que podemos mencionar: el mercado Nacional, Centro América y el mercado Mexicano.

1.6 CONCLUSIONES

1. En la empresa dedicada al cultivo de palma se han implementado diversos tipos de cuidados y manejo del cultivo, el cual radica en plantas sanas y rentables. Son las actividades agrícolas desde su establecimiento, iniciando con la preparación del terreno, limpieza del área, eliminación de plantas arvenses, apertura de canales o drenajes, el diseño de caminos, así también, el cuidado en el diseño de plantación, las densidades de siembra según la variedad, la ubicación de las palmas; otras actividades son: el mantenimiento después de siembra, la limpieza de platos, las podas, la sanidad y nutrición de las mismas; todas estas actividades serán reflejadas en un alto rendimiento y una productividad eficiente.

2. Se ha realizado un diseño exclusivo para la siembra de palma, el cual ha sido estudiado cuidadosamente para asegurar la rentabilidad de las palmas, evitando cualquier tipo de problemas que conduzcan a la eliminación o la baja productividad de las mismas, es de mencionar que a su vez se ha de realizar un plan de fertilización adecuado para evitar problemas nutricionales, como también se monitorean todas aquellas anomalías de las palmas, que hayan sido causa de algún patógeno y por ende conduzca a una enfermedad; el problema presente es que no se ha estudiado el principal factor en la palma que da sostén y es el encargado de llevar los nutrientes a todas las partes de la palma, si este factor se encuentra dañado, la palma aun dándole el mejor manejo será improductiva, a este factor se le llama raíces.

3. El departamento técnico agrícola es el mejor apoyo de la empresa, pues en él se estudia lo referente a la palma y se lleva control de todo lo que pueda o no afectar a la palma en algún momento, de tal manera poder recomendar al área encargada de manejo y mantenimiento del cultivo, para que ejecute de manera audaz dichas recomendaciones y evitar daños o la escasa eficiencia de las palmas, el área de nutrición encargada de llevar el control en cuanto a planes de fertilización, observaciones a campo de alguna deficiencia nutricional, análisis de suelos y foliares; el área de sanidad es la que monitorea el apareamiento de algún daño en las palmas y busca las causas, a fin de mantener controlado el apareamiento de alguna plaga o enfermedad que pueda llegar a afectar un gran número de palmas; el área de investigación es la más amplia, pues debe estudiar distintas alternativas que mejoren el rendimiento de las palmas.

1.7 RECOMENDACIONES

Se debe realizar un estudio más detallado y descriptivo de los tipos de suelo, antes de introducir el cultivo en un área, para conocer la capacidad de uso y las características edáficas del mismo.

Capacitaciones constantes del personal de trabajo, para que conozcan el cultivo, el equipo de trabajo y la utilidad de realizar con exactitud el oficio delegado, el departamento técnico agrícola deberá realizar capacitaciones instruyendo a cerca del control de enfermedades y plagas, que conozcan los insectos en sus distintos estados y los métodos de prevención, las deficiencias de nutrientes y las consecuencias de las mismas, para que el personal sea más consiente y le interese más su labor.

1.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Barrientos Cabrera, LE. 1982. Estudio semi-detallado y determinación del uso recomendado de las tierras de la comunidad Poza del Danto, municipio de Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, Guatemala. Tesis Lic. Ciencias Agrícolas. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 40 p.
2. Donahue, RL. 1981. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas; clasificación de suelos. Englewood Cliffs, US, Prentice Hall International. p. 408.
3. Marcos, B. 2010. Diagnostico e investigación de la Empresa Grasas y Aceites S.A., Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz. Práctica Perito Agr. Poptún, Petén, Guatemala, Colegio Adventista ICAP. 35 p.
4. MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, GT). 2009. Informe ambiental de Guatemala 2009: clasificación taxonómica de los suelos de Guatemala (mapa). Guatemala. p. 46.
5. Sinaj Ávila, JA. 2007. Diagnóstico socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión. Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, Guatemala. Tesis Lic. Auditor. Guatemala, USAC, Facultad de Ciencias Económicas. p. 24.

CAPÍTULO II

CARACTERIZACIÓN DEL DESARROLLO RADICULAR DE PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis* Jacq.), EN PLANTACIONES COMERCIALES NATURACEITES S.A., UBICADAS EN LA FRANJA TRANSVERSAL DEL NORTE DE GUATEMALA, GUATEMALA C.A.

Characterization of root development of palm oil (*Elaeis guineensis* Jacq.) commercial plantation Naturaceites S.A., located in the northern fringe cross Guatemala, Guatemala C.A.

2.1 PRESENTACIÓN

El cultivo de palma aceitera es un cultivo perenne, el cual comienza a producir a los tres años racimos de fruta, durante 25 años. La palma aceitera es una Aracaceae, de las oleaginosas de mayor potencial para producción, sobresaliente al aceite de soya, maíz, girasol, entre otros. Desde el 2006-2007 se convirtió en la mayor fuente de aceite vegetal del mundo (GREPALMA 2008).

Mediante el diagnostico se observa que la palma ha sido estudiada por completo, su diseño y método de siembra, el crecimiento y desarrollo externo (hojas, tallo, inflorescencias, frutos); no teniendo un estudio específico de raíces; de esta parte surge la importancia de un estudio que señale el comportamiento y desarrollo de las raíces en distintos meses de sembrada la palma en suelos oriundos de la Franja Transversal del Norte de Guatemala.

En Guatemala no se conocía la distribución del sistema radical de palma aceitera en suelos propios del país, cómo interactúan sus raíces, como se distribuyen y hasta que área abarcan. Presentando un problema para la aplicación de nutrientes al suelo, al no tener estudiados los lugares de abundancia de raíces, específicamente las raíces terciarias, encargadas de la absorción.

Se realizó el estudio de caracterización de raíces en palmas de distintas edades en siembra, iniciando de 1 mes de edad hasta 36 meses de edad. Existen distintos métodos para el estudio de raíces, siendo para este estudio el más adecuado, el lavado de perfiles de suelo, que consiste en la apertura de calicatas y lavado de raíces, permitiendo observar de una forma directa la distribución espacial y características de las raíces en el suelo de siembra, acorde a la edad de las palmas. El estudio se realiza en las palmas con mejores condiciones físicas de crecimiento, si existe buena área foliar, habrá mayor captación solar, y habiendo mayor captación solar la palma estará en capacidad de realizar funciones como: la fotosíntesis, respiración, transpiración entre otras, las que radican en una mejor producción.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1.a Clasificación de las palmas de aceite

La familia de las palmas, Arecaceae (conocida anteriormente como Palmae), siempre ha formado un grupo distinto de plantas entre las monocotiledóneas. Las Arecaceae están clasificadas en el orden Arecales.

El género *Elaeis* se basó en palmas introducidas en la Martinica y la palma de aceite recibió su nombre botánico de Jacquin. *Elaeis* se deriva de la palabra griega '*elaion*', que significa aceite, mientras que el nombre específico *guineensis* demuestra que Jacquin atribuía su origen a la costa de Guinea (Chinchilla, C).

Es monoica, es decir, que en una misma planta se producen las inflorescencias masculinas y femeninas.

La apariencia es la de un árbol esbelto, según la variedad y edad puede llegar a los 25 metros de altura y está coronado por hojas largas y arqueadas (Chinchilla, C).



*Figura 6 Palma aceitera
(Elaeis guineensis)*

2.2.1.b El sistema radicular

La anatomía de las raíces de las palmas fue descrita por Tomlinson (1961) y la palma de aceite en particular fue estudiada por Purvis (1956) y Ruer (1967), y más recientemente por Jordan y Rey (2000).

En el género *Elaeis*, el sistema radicular es de forma fasciculada –crece formando haces- con gran desarrollo de *raíces primarias* que parten del *bulbo* de la base del tallo en forma radial, en un ángulo de 45° respecto a la vertical, profundizando hasta unos 50 cm. en el suelo, por su consistencia y disposición aseguran el anclaje de la planta (Chinchilla, C).

La estructura de la raíz muestra una larga adaptación a las condiciones cambiantes de humedad en los suelos de los trópicos. La epidermis se forma de células cuyas paredes externas están engrosadas; debajo de esta, la hipodermis se compone de 3 o más capas de esclerénquima, que en las raíces viejas en que la epidermis ha desaparecido, forma una superficie fuerte que rodea la raíz (Corley, RHV; Tinker, PB. 2009).

Los tejidos corticales se dividen en 2 regiones: la primera, externa, formada por células irregulares de parénquima; la interna constituida por 5 a 8 capas de células de paredes más gruesas. En estas dos áreas de parénquima se abren, conforme avanza la edad de las raíces, que se llenan de sustancias viscosas y al final llegan a ocupar casi todo el espacio que deja el parénquima cortical, que se reduce a paredes radiales de pocas células de espesor. Al mismo tiempo con este proceso ocurre el endurecimiento de las capas de la hipodermis. Hacia el centro de la raíz e inmediatamente después del parénquima cortical, está la endodermis, la cual se forma de una capa de esclerénquima de células alargadas en sentido tangencial. El cilindro central se compone de periciclo, situado debajo de la endodermis, el cual se reduce en el crecimiento de la raíz a unas pocas capas de células de parénquima, y de haces vasculares que conforman un círculo debajo del periciclo. En los haces hay grupos de floema y xilema separados por parénquima; en el xilema se presentan lagunas de corte circular u oval. En las raíces viejas, el xilema forma un cilindro fuerte y grueso, como de madera, en cuyo centro queda un espacio reducido ocupado por parénquima (Corley, RHV; Tinker, PB. 2009).

El sistema radical de la palma de aceite está adaptado también para la absorción de sustancias nutritivas y agua, pues si el área absorbente esta poco desarrollada en una raíz el alto número de estas y su renovación continúa compensan esa deficiencia. La estructura de la raíz, con cilindro exterior denso y poco permeable, de parénquima ocupado por lagunas y espacios aéreos, y de cordón central fuerte, formado por haces vasculares (Corley, RHV; Tinker, PB. 2009).

Las *raíces primarias* casi no tienen capacidad de absorción. Miden de 5 a 10 mm de diámetro, la longitud se extiende ya sea hacia debajo de la base o radialmente en una dirección más o menos horizontal, dependiendo de la edad de la palma. Aunque las raíces primarias salen desde la base del tallo en todos los ángulos, se hace una distinción entre raíces verticales y horizontales, con pocas en medio. Las primarias descendentes, que proceden directamente de la base de las palmas, son menos numerosas que las primarias superficiales y tienen menor número de secundarias (IPNI 2003).

Las *raíces secundarias*, de menor diámetro, son absorbentes en la porción próxima a su inserción en las *primarias* y su función principal es la de servir de base a las *raíces terciarias* (10 cm de longitud) y éstas a su vez, a las *cuaternarias* (no más de 5 mm). Estos dos últimos tipos de raíces son los que conforman la cabellera de absorción de agua y nutrientes para la planta (IPNI 2003).

Las *raíces secundarias* tienen la particularidad de crecer en su mayoría hacia arriba, con su carga de *terciarias* y *cuaternarias*, buscando el nivel próximo a la superficie del suelo, de donde la planta obtiene nutrientes. Este conocimiento es importante para la aplicación de los fertilizantes (IPNI 2003).

Las raíces de todas las clases muestran un crecimiento preferente hacia sitios con las mejores condiciones de abastecimiento de agua y nutrimentos, y si existe vegetación caída en descomposición o de hojas de palmas o bajo una buena cobertura de *Pueraria* (Chinchilla, C)

El sistema radical de la palma de aceite, puede enraizarse profundamente, casi todas las *raíces terciarias* están en el metro superior del suelo, la mayor parte concentrada en los

primeros 30 cm. Las palmas pueden crecer con solo 50 cm de profundidad efectiva del suelo (IPNI 2003).

Aunque en este caso se deben de realizar actividades de conservación de suelo, para evitar daños en el sistema radical. Los Factores que intervienen en el desarrollo de raíces.

Los suelos mal drenados, textura de suelos, densidad, compactación, profundidad efectiva, niveles freáticos requieren de un sistema apropiado de manejo del drenaje y del agua, así también la mecanización del suelo resulta favorable para mejoras del suelo.

Los suelos muy meteorizados son generalmente deficientes en fosforo y tienen baja capacidad de intercambio catiónico, por lo que se debe de implementar coberturas o acumulaciones de hojas.

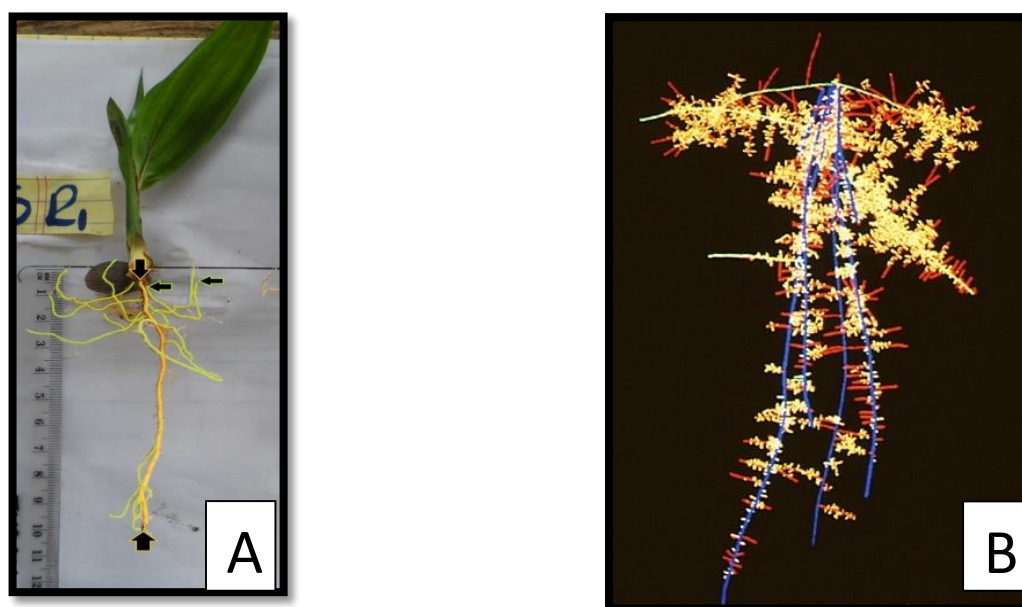


Figura 7 a) raíz de palma aceitera; b) crecimiento de raíces de palma aceitera

2.2.1.c El tallo

El tallo o tronco de la palma aceitera se desarrolla en tres a cuatro años, una vez que ha tenido lugar la mayor parte del crecimiento horizontal del sistema radicular. Luego de sembrada la palma en campo definitivo se inicia la formación de un órgano voluminoso en la base del tallo que es el *bulbo*, que origina el ensanchamiento en la base del tronco y sirve de asiento a la columna del tallo.

Al otro extremo del *bulbo*, en el ápice del tallo se encuentra la yema vegetativa o *meristemo apical*, que es el punto de crecimiento del tallo, de forma cónica enclavada en la *corona* de la palma, protegido por el tejido tierno de las hojas jóvenes que emergen de él en número de 45 a 50. Las bases de inserción de los pecíolos que permanecen vivos por largo tiempo, forman gruesas escamas que dan al árbol su aspecto característico; al morir éstas, caen, dejando al tallo desnudo con un color oscuro, liso y adelgazado, cosa que puede apreciarse en plantas muy viejas (Corley, RHV; Tinker, PB. 2009).

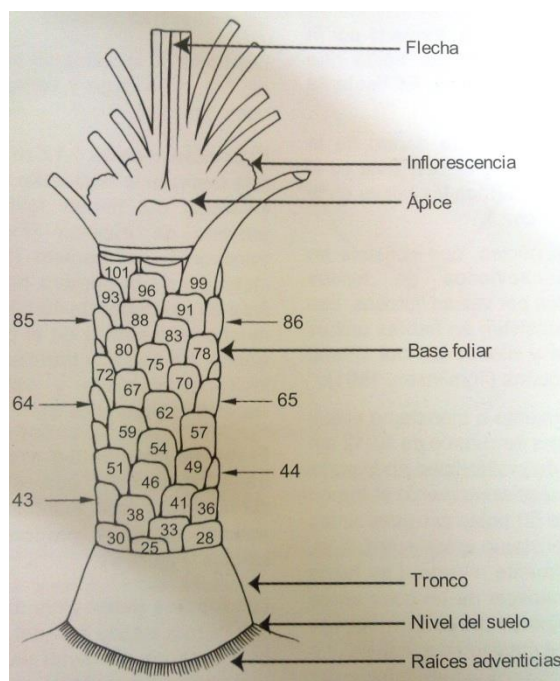


Figura 8 Tronco o estipe de palma aceitera

2.2.1.d Las hojas

En una planta adulta, el tallo está coronado por un penacho de hojas con una longitud entre 5 y 8 metros y un peso de 5 a 8 kilos cada una.

Aparenta ser una hoja compuesta, aunque en realidad es una hoja *pinnada*, (con folíolos dispuestos como pluma, a cada lado del pecíolo) y consta de dos partes: el *raquis* y el *pecíolo*. A uno y otro lado del *raquis* existen de 100 a 160 pares de *folíolos* dispuestos en diferentes planos, correspondiendo el tercio central de la hoja a los más largos (1.20 m.).

Esta irregular disposición de los *foliolos* marca una de las características distintivas de la especie *Elaeis guineensis* (GREPALMA 2008).

El *pecíolo* muy sólido en su base y provisto de espinas en los bordes, las que se transforman en *foliolos rudimentarios* en la medida en que se alejan del tallo, presenta una sección transversal asimétrica, con tendencia triangular o de letra “D” y en tanto se proyecta hacia el *raquis* se va adelgazando, manteniendo siempre muy sólida la nervadura central (Corley, RHV; Tinker, PB. 2009)

El desarrollo de una hoja, desde su estadio rudimentario en la yema vegetativa del que sale en 24 meses a un escaso crecimiento, le sigue una siguiente etapa que es de rápido crecimiento, en que de pocos centímetros la hoja pasará en 5 meses a una longitud de 5 a 6 metros que es conocida como *flecha*, que lleva dentro de sí al raquis y los folíolos en estrecha envoltura. En una tercera y final etapa, tiene lugar la apertura definitiva de la hoja adulta (Corley, RHV; Tinker, PB. 2009).

Es importante conocer cómo se cuentan las hojas, puesto que a cada una de ella corresponde un número a partir de la *flecha* que es la número “0”, la última en abrirse fue la número 1 y, en la medida en que se van abriendo, la numeración avanza correlativamente, la 1 pasa ser 2, y la 2 pasa a ser 3 etc. (IPNI 2003).

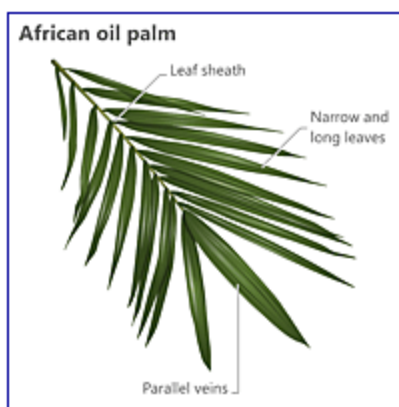


Figura 9 Hoja de palma aceitera

La filotaxia o arreglo de las hojas en el tallo es muy importante en el cultivo de la palma aceitera. Las hojas están dispuestas en dos espirales, una que corre de derecha izquierda, en la cual hay ocho hojas, colocadas entre la que está en la misma línea vertical, otra de

izquierda a derecha, con cinco hojas intermedias. Los primordios foliares están separados uno de otro en la espiral genética por un ángulo de divergencia de aproximadamente 137.5° . Dentro de una misma planta este ángulo está dirigido consistentemente hacia la izquierda o hacia la derecha del primordio previo (Corley, RHV; Tinker, PB. 2009).

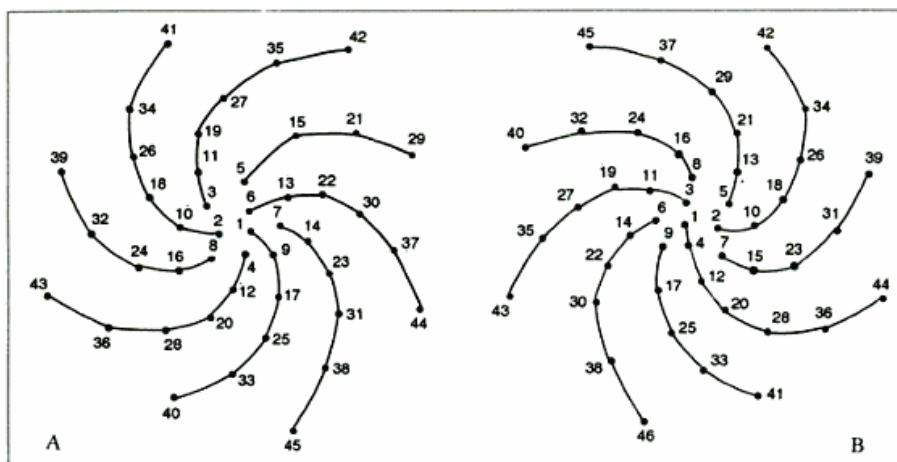


Figura 10 Filotaxia de la palma aceitera, A) espiral descendente hacia izquierda; B) espiral descendente hacia derecha

2.2.1.e Las inflorescencias masculina y femenina

La Palma Aceitera es una planta *monoica*, las inflorescencias se presentan en espigas aglomeradas en un gran *espádice* (*espata* que protege a una inflorescencia de flores unisexuales) que se desarrolla en la axila de la hoja. Esta inflorescencia puede ser masculina o femenina (Corley, RHV; Tinker, PB. 2009).

La **inflorescencia masculina** está formada por un eje central, del que salen ramillas o espigas llamadas dedos, cilíndricos y largos, con un total de 500 a 1500 flores estaminadas, (con estambres, por ser masculinas), que se asientan directamente en el raquis de la espiga, dispuestas en espiral. Las **anteras** producen abundante polen con un característico olor a anís.

La **inflorescencia femenina** es un racimo globoso, de apariencia más maciza que la masculina, sostenido por un pedúnculo fibroso y grueso, lleva al centro un raquis esférico en el que se insertan numerosas ramillas o espigas, cada una con 6 a 12 flores. La flor femenina presenta un ovario esférico que es **tricarpelar** (o sea con tres cavidades),

conteniendo un óvulo cada una, dicho ovario esta coronado por un ***estigma trifido*** cuyas caras vueltas hacia fuera están cubiertas por papilas receptoras del polen.

La proporción de sexos se determina en parte genéticamente pero también es afectada fuertemente por factores ambientales. Las palmas sujetas a estrés (humedad insuficiente, deficiencias de nutrientes, poda exagerada, ataque de plagas y enfermedades), tienen una baja proporción de sexos y de esta forma bajos rendimientos. Las palmas que llevan una gran carga de racimos pueden responder a un estrés causado por un abastecimiento insuficiente de agua y nutrientes cambiándose de una fase de flores femeninas a una de flores masculinas. El periodo de iniciación floral a la cosecha del racimo es de alrededor de 40 meses y así la mitigación o imposición de tensiones afecta a la productividad por los tres años subsiguientes.

Un primordio de inflorescencia llega a ser visible aproximadamente en la axila de la cuarta hoja desde el punto de crecimiento. En las palmas adultas, se desarrollan alrededor de 45 inflorescencias entre la iniciación de estas y la etapa de la flecha central (la numerada + 1), mientras en las palmas jóvenes hay menos primordios antes de la apertura de las hojas. Los racimos maduros se encuentran en la axila cerca del a 30ª desde la flecha central (hoja + 30). Así, con la producción promedio de dos hojas por mes en las palmas adultas, pueden transcurrir más de 3 años entre la iniciación de la inflorescencia y la cosecha de un racimo maduro (IPNI 2003).



Figura 11 Inflorescencia masculina (izquierda); Inflorescencia femenina (derecha)

2.2.1.f Polinización

La palma aceitera produce flores masculinas y femeninas en inflorescencias distintas y en forma separada en una misma planta, de tal manera que se necesita trasladar el polen de una flor a otra, por esta razón, se necesita de agentes polinizadores para asegurar la producción de frutos. La acción del viento y las abejas para trasladar el polen es muy pobre, esta situación se ve más comprometida con los materiales genéticos de alta producción de racimos, que durante los dos a tres primeros años de producción emiten muy pocas inflorescencias masculinas y son casi exclusivamente femeninas. La polinización se debe iniciar entre los 26 – 28 meses de sembrada la palma (Raygada, R. 2005).

a) Polinización entomófila

Las inflorescencias femeninas y masculinas emiten un suave olor a anís que atraen especialmente a unos pequeños insectos (curculionidae), que se alimentan y reproducen en las flores masculinas, estos insectos tienen el cuerpo cubierto de vellosidades al que se adhieren los granos de polen, que luego al moverse entre las flores femeninas van liberando y asegurando la polinización de éstas. Estos insectos visitan las flores femeninas por error (inducidos por el mismo olor a anís); uno de los insectos que mejor se ha establecido en plantaciones de América, es el *Elaeidobius kamerunicus* (Labarca, MV; Narváez, Z.).

Chinchilla y Richardson en 1990, señalan que en los muestreos realizados en muchas plantaciones de palma en América Latina, antes de la introducción de *E. kamerunicus*, se encontraron dos insectos principales como responsables de la polinización, uno perteneciente a la familia Nitidulidae, género *Mystrops*, especie americana y el otro a la familia Curculionidae, *Elaeidobius subvittatus*, que pudo haber sido introducido por error (Raygada, R. 2005).

DHILEEPAN (1992) citando a GENTY et al (1986) asegura que en la palma aceitera muchas especies de insectos han sido reportadas como agentes polinizadores naturales, de los cuales el gorgojo *Elaeidobius kamerunicus* es la especie predominante. Además la acción de este insecto ha demostrado científicamente ser de gran ayuda para el proceso de polinización el cual se creía se basaba únicamente en la acción del viento (Torres, JG. 2006).

El principio de la introducción de colonias de insectos *E. kamerunicus*, se basa en la acción de los mismos para ayudar a obtener racimos mejor conformados y aumentar los

índices frutos por racimo obteniéndose como consecuencia producciones más cuantiosas y a la vez rentables.

SÁNCHEZ y ORTIZ (1998) además determinan como insectos polinizadores importantes al *E. subvittatus* y al *Mystrops costaricensis* sobre todo por estar bien adaptados a nuestras condiciones en el continente americano.

GENTY et al (1986) sugieren que el mecanismo de polinización nace en las mismas flores masculinas de la palma aceitera pues es allí donde el insecto se reproduce ya que es específicamente en sus espigas donde el gorgojo coloca sus huevos y de los azúcares de las espigas se alimentan las larvas de estos insectos. El insecto adulto en cambio se cree que se alimenta del néctar secretado por las inflorescencias masculinas las cuales en su etapa de antesis desprenden un característico olor a anís. Este olor atrae a su vez a los insectos en busca de alimentarse del néctar, y ellos al posarse sobre las espigas cubiertas del polen viable, quedan impregnados de él.

DHILEEPAN (1992) demostró la manera en la que el polen se pega al cuerpo del insecto que aun cuando al ojo humano parece carecer de polen luego de posarse en la espiga, sin embargo mediante el uso del estereoscopio se puede observar fácilmente como grandes cantidades de granos de polen se han adherido a los pelos de su tórax, abdomen, patas, antenas, etc. Este autor además indica que la cantidad de polen cargado por el insecto macho es siempre mayor al que carga la hembra de manera proporcional en favor de su mayor tamaño lo que le proporciona una mayor superficie de adherencia.

Por otra parte GENTY (1986) cree que los insectos una vez alimentados del polen, vuelan cargados de él en busca de copular a las hembras pero son confundidos por el desprendimiento de un olor a anís producido por la inflorescencia femenina en estado de antesis el cual es muy similar al de la flor masculina en igual estado, lo que ocasiona que el insecto visite la flor femenina llevando consigo el polen en su cuerpo. De acuerdo con el autor, será de esperarse que de esto se obtenga una polinización bastante homogénea de toda la flor femenina, la misma que al madurar formará un racimo bastante bien conformado (Torres Vaca, JG. 2006).

2.1.7 El fruto y los racimos

Sólo uno de los óvulos es fecundado, los otros tienden a desaparecer, el ovario al comienzo tiene un crecimiento rápido, para más adelante terminar su crecimiento y

constituirse en una **drupa** que consta de un **epicarpio** o cáscara, del **mesocarpio** o pulpa que es de donde se obtiene el aceite e interiormente de un **endocarpio**, que junto con la almendra constituyen la semilla.

El fruto ya desarrollado adopta varias formas según su posición en el racimo y su coloración exterior varía de negro a rojo. Un racimo bien constituido sobrepasa los 25 kilos y contiene gran cantidad de frutos de buena conformación (Raygada, R. 2005).



Figura 12 Fruto de palma aceitera

2.2.2 Variedad de palma aceitera

En la empresa Grasas y Aceites se cuentan con distintas variedades de palmas, con características diferentes, pero todas de gran comercio en el mercado. A continuación se detallan las características de cada variedad.

Deli x Ghana: pisíferas originarias de Nigeria e introducidas a Costa Rica de la estación experimental de Kade (Ghana) en 1977. El crecimiento del tronco lento (<60cm/año), las hojas son cortas, los peciolo anaranjados, los racimos nigrescens medianos (14Kg), los frutos medianos (10g), y con buen aceite (>28%). Tolerancia a sequía y bajas temperaturas. Alta tolerancia a baja luminosidad.

Deli x La Me: pisíferas originaron en Costa de Marfil. El crecimiento del tronco es lento (<60cm/año), los racimos pequeños (<13Kg), con espinas largas en la punta del mismo. Frutos pequeños (<9g), con algunos sobresaliendo del racimo. Aceite 25%. Buena tolerancia a sequias (tierras bajas), moderada tolerancia a baja luminosidad y baja tolerancia a bajas temperaturas. El pedúnculo de las inflorescencias es largo.

Deli x Nigeria: originarias de Nigeria. Crecimiento del tronco lento (<60 cm), racimos medianos (<15Kg), frutos grandes (10g), aceite: >28%. De moderada a alta tolerancia a la sequía (tierras bajas), y moderada tolerancia a bajas temperaturas y baja luminosidad. Esta variedad puede obtenerse para que produzca solo racimos negros, o bien la mezcla de negros con virensens.

Compacta: las nuevas variedades compactas (particularmente el concepto compacto desarrollado por ASD de Costa Rica), no solo tienen un crecimiento más lento del tronco, sino, hojas más cortas, lo cual hace posible su siembra a mayores densidades. Los clones compactos de estas variedades, llevan el concepto aún más lejos, y tienen el potencial de ser sembradas a 200 o más plantas/Ha, lo cual aumenta el potencial de producción por hectárea a 20-30 toneladas de fruta, solo el primer año de cosecha (Chinchilla, C).

2.2.3 Clima

2.2.3.a Precipitación

Condiciones climáticas que permiten un alto potencial de rendimiento. (Adaptado de Paramanathan, 2003)

Parámetro valor o rango ideal:

- Precipitación anual: 2.000 a 2.500 mm
- Déficit de agua anual: menos de 200 mm
- Brillo solar: más de 2.000 horas /año (más de 5,5 horas/día)
- Temperatura media: 22-31 °C
- Humedad relativa: 75 a 85%

En el cuadro 8, se presentan las limitaciones y aptitudes climáticas para la palma aceitera; cada suelo tiene sus características particulares propias y es importante seleccionar los mejores suelos disponibles para el cultivo de la palma de aceite (Raygada, R. 2005).

Topografía y pendiente: la altitud y la pendiente de un área son importantes características de la tierra que determinan su aptitud para el cultivo de la palma de aceite. La temperatura disminuye y la cobertura de nubes puede aumentar conforme aumenta la altitud; por esta razón la palma no se recomienda en áreas con una altitud >200 msnm, porque los crecimientos como los rendimientos generalmente se reducen (IPNI 2003).

La pendiente determina el potencial para la erosión del suelo y la necesidad de costosas medidas de conservación (plataformas, terrazas y bancales). Es mejor plantar en pendientes $<23\%$ ($<12^\circ$), aunque se ha plantado con buen éxito en pendientes menores o iguales a 38% (hasta 20°). En pendiente de más de 20% ($>10^\circ$) se requiere la construcción de terrazas (IPNI 2003).

Las palmas de aceite no deberían plantarse en tierras con una pendiente promedio de $>38\%$ ($>20^\circ$), dada la dificultad y el costo de establecer y mantener terrazas estables, y el alto costo de la cosecha. Además, con frecuencia no es posible la recolección mecánica de los frutos, y la densidad de los caminos que se requiere (km ha^{-1}) es mucho mayor que en tierras planas (IPNI 2003).

Disponibilidad de humedad

La palma de aceite requiere de un suelo con suficiente disponibilidad de humedad, durante todo el año, especialmente cuando las palmas son jóvenes el sistema radicular todavía no se ha desarrollado completamente.

La humedad excesiva causada por las inundaciones origina condiciones anaeróbicas en el suelo. Se deteriora el desarrollo de las raíces de la palma se presentan síntomas de deficiencia de nitrógeno. A sí, el crecimiento de la palma y su desarrollo se afectan tanto por el exceso como por la insuficiencia en el suministro de agua, así como del drenaje necesario (IPNI 2003).

Inundaciones

El sistema radicular de la palma es superficial y no tolera una inundación prolongada, especialmente durante los primeros días después de la plantación en campo, pero las plantas maduras pueden tolerar la inundación por una semana siempre que el agua no se estanque (IPNI 2003).

Cuadro 8 Aptitud de la tierra para palma aceitera, según características climáticas

Clases de aptitud de las tierras para cultivo de aceite, según Características Climáticas

Clases de aptitud Limitación	Ninguna	Apta Ligera	Moderada	Marginal Severa	No apta Muy severa
Precipitación (mm)	2.500-3.500	1.700-2.500 3.500-4.000	1.450-1.700 4.000-5.000	1.250-1.450 5.000-6.000	<1.250 >6.000
Período seco (menos de 100 mm/ mes)	Ninguno	1	1-2	2-3	>3
Temperatura media anual (°C)	25-29	22-25 29-32	20-22 32-35	10-20 35-37	<16 >37
Pendiente (%)	0-4	4-12	12-23	23-38	>38
Pendiente (grado)	0-2	2-6	6-12	12-20	>20
Clase de drenaje	Moderado a bueno	Bueno a excesivo	Excesivo o pobre	Excesivo o pobre	Excesivo o muy pobre
Riesgo de inundación	Ninguno	Ninguno	Ligero	Moderado	Alto

Fuente: Manual técnico de palma aceitera

2.2.4 Suelos

2.2.4.a Requerimientos de tipos de suelo

El grado de rusticidad de la palma, permite a esta especie la adaptación a una amplia gama de condiciones agroecológicas con diversidad de suelos, dentro del marco ambiental del trópico húmedo.

Tolera suelos moderadamente ácidos, éstos presentan por lo general deficiencias de elementos nutritivos como N, P, K, Ca, Mg, y B, que obligan a un manejo de la fertilización e imponen aplicación de enmiendas (Torres V, M. *et al* 2002).

El aluminio es tóxico en suelos ácidos o muy meteorizados. El pH bajo da por resultado la acumulación de Al soluble en el suelo, lo que reduce el crecimiento de las raíces y altera su función. La toxicidad de Al se manifiesta así en la aparición de la deficiencia de K, Ca y Mg especialmente en las palmas jóvenes pero puede ser corregida aplicando roca fosfórica o dolomita en el trasplante para mejorar el pH del suelo (IPNI 2003).

Cuando hay alta acidez en el subsuelo se limita la profundización de las raíces y ocasiona susceptibilidad en las plantas a períodos prolongados de déficit hídrico (Raygada, R. 2005).

Con suelos con alto calcio, se puede deprimir la absorción de K, Mg y micronutrientes tales como el boro, por el efecto antagonista del calcio sobre la absorción de K y Mg. Además, el suelo puede inducir a la deficiencia de hierro y manganeso, al aumentar el pH del suelo (IPNI 2003).

2.2.4.b Características de los suelos

Dentro de las características físicas, las más importantes pueden ser consideradas la textura y estructura, densidad aparente, porosidad. Los suelos de mejor adaptación son los de textura franco-arcillosa. En los suelos ligeros, de textura arenosa a franco-arenosa, se presentan problemas de lixiviación de nutrientes; no brindan un medio suficientemente consistente para el soporte de la planta. Los suelos pesados, de textura arcillosa, presentan limitaciones para su manejo, en cuanto a la dificultad para drenarlos, como por la facilidad con que se compactan (Torres V, M *et al* 2002).

Sin embargo, la fracción arcillosa hace una contribución importante a la capacidad del suelo para retener humedad y nutrientes. Los suelos bien agregados, con buena porosidad, permiten una mayor proliferación de raíces, y las palmas tendrán más acceso a la humedad retenida a mayor profundidad en el suelo. Una mayor penetración de raíces también proporciona un mejor anclaje y aumenta la resistencia al daño por el viento (IPNI 2003).

Todos los suelos bien estructurados sean arcillosos, arcillo-arenosos, franco-arcillosos y franco arcillo-limosos, son ideales para el cultivo, de preferencia con buen contenido de materia orgánica, con topografía de plana a ligeramente ondulada y con un nivel de fertilidad de medio a alto (Torres V, M *et al* 2002).

En el cuadro 9 se presentan las aptitudes del suelo para el cultivo. Es importante identificar y llevar a cabo un conjunto de técnicas de manejo específicas para el sitio, para superar las limitaciones del suelo, identificadas en el estudio. De este modo es imperativo que el tipo y el grado de cada limitación sea identificado apropiadamente utilizando un conjunto estándar de criterios (IPNI 2003).

Cuadro 9 Propiedades del suelo y aptitudes para palma aceitera.

Clase de aptitud de tierras para cultivo de Palma de Aceite, según Propiedades del suelo*

Limitación \ Clases de aptitud	Apta		Moderada	Marginal	No apta
	Ninguna	Ligera		Severa	Muy severa
Condiciones físicas	FAr	FAr, FArL,	FArAo, AoF,	ArL, Ar,	Ao, Ar,
Profundidad efectiva	>100	75-100	50-75	25-50	<25
Espesor capa orgánica	—	0-50	50-200	200-300	>300

* Adaptada de Paramanathan, 2003.

Nota : Ar = arcilla o arcilloso; Ao = arena o arenoso; F = franco; L = limo o limoso.

Fuente: manual técnico de palma aceitera.

2.2.4.c Fisiografía

La topografía está muy relacionada con la escorrentía superficial del agua, así como la textura del suelo está en relación con el movimiento del agua al interior del mismo.

En el cuadro 10 se presentan las limitantes en los distintos tipos de suelos, sus impactos y los costos adicionales que se tienen (Raygada R. 2005).

Cuadro 10 Limitaciones del suelo e impactos

Limitación	Impacto o fuente de costos adicionales
Suelo superficial	Poca reserva de nutrientes Poco desarrollo de raíces Mayor costo de preparación y fertilización Cuidados en la preparación del terreno
Suelo muy arenoso	Poca reserva de nutrientes Mayor frecuencia de fertilización Poca de retención de agua
Suelo muy arcilloso	Mayores costos de drenaje Mayores costos de labranza. - Subsulado
Bajo contenido de nutrientes	Mayores costos de fertilización
Pendiente pronunciada	Mayor costo de siembra Mayor costo de cosecha Mayor costo de mantenimiento general

Fuente: Manual técnico de palma aceitera

2.2.5 Cultivo de cobertura

En toda plantación debe sembrarse un cultivo de cobertura, que ofrece las siguientes ventajas:

1. Controla la erosión del suelo.
2. Mejora el nivel nutricional del suelo por la incorporación de nitrógeno.
3. Estabiliza el contenido de la humedad del suelo
4. Mejora la estructura y la aeración del suelo.
5. Previene el crecimiento de malezas
6. Incorpora materia orgánica al suelo

El tipo de planta leguminosa más usado en el país es el **kudzu** o *Purearía phaseoloides*, para que se instalen bien las coberturas se deben hacer limpieza de las plantas que compiten con ellas durante los 6 – 9 meses después de sembradas (GREPALMA 2008).



Figura 13 Cobertura vegetal utilizada en palma aceitera

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 Objetivo general

Establecer el perfil de desarrollo de raíces, utilizando el método de lavado de perfiles, para determinar los parámetros de crecimiento recomendables de la palma aceitera en distintas edades, sembradas en lotes comerciales de la empresa NaturAceites S.A., Franja Transversal del Norte de Guatemala.

2.3.2 Objetivos específicos

1. Determinar longitud y desarrollo radicular cuantificando los tipos de raíces primarias, secundarias y terciarias por edad, utilizando el software especializado basado en las ecuaciones modificadas de Newman y Head. En palmas de 1 a 36 meses de edad, en varios ordenes de suelo.
2. Analizar mediante base de datos los parámetros de crecimiento de distintas palmas en las diferentes edades: diámetro de tronco, altura y ancho de hojas, número de hojas verdes, largo de hoja, largo y ancho de foliolos por edad de las palmas, y correlacionar las variables de crecimiento foliar y desarrollo radicular de las palmas en las distintas edades.
3. Determinar la distribución espacial del sistema radicular mediante imágenes calcadas sobre los perfiles de suelo.

2.4 JUSTIFICACIÓN

El presente estudio se enfoca en el sistema radical de la palma aceitera, siendo este fundamental para el buen desarrollo y crecimiento de la palma, ya que por medio de las raíces la planta absorbe los nutrientes del suelo.

Con el estudio de raíces se genera información, misma que ayudara a determinar los parámetros (altura de palma, numero de hojas verdes, emisión de hojas, área del peciolo, diámetro de estipe, área foliar, masa foliar, índice de área foliar) correctos de una palma establecida en suelos característicos de la franja transversal del norte.

Para este estudio se caracterizan las raíces de diferentes palmas en crecimiento, desde un mes a 36 meses después de sembradas, el estudio se realizó en las palmas con mejores parámetros de crecimiento y desarrollo por edad.

Se diseñó el perfil de desarrollo de raíces en palmas jóvenes, localizadas en las fincas pertenecientes a la empresa NaturAceites en la Franja Transversal del Norte, debido a que no se tenía información específica de dicho desarrollo, útil a personas interesadas en el cultivo de palma, para una adecuada identificación.

Al obtener la distribución y el desarrollo de raíces de palmas jóvenes, se establece una base de datos, misma que podrá servir a futuro en la realización de diversas actividades como lo son planes de fertilización, capacitaciones a personas interesadas en el cultivo dando a conocer la importancia de cuidar las raíces de la palma y como se refleja en los parámetros externos.

2.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa NaturAceites S.A. localizada en el municipio de Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz; ha sido por años una empresa líder en cultivos de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.), mostrando como tal un rendimiento alto en producción de racimos frutales, de los cuales se obtienen distintos productos de utilidad alimentaria e industrial.

La palma aceitera es una planta oleaginosa, el cual produce mayor rendimiento en comparación con otras plantas oleaginosas, posee mayor resistencia a factores biofísicos y ha tenido gran avance agro tecnológico.

En diversidad de suelos, la palma se logra desarrollar, aceptando mejor los francos arcillosos. En la Franja Transversal del Norte se presentan recursos aptos para el crecimiento de la planta como son las horas de luz solar, el agua; en el que las palmas cultivadas en este lugar se han ido desarrollando, obteniendo parámetros de crecimiento variables, siendo las raíces un factor importante de estudio para determinar dichos parámetros, debido a que las raíces suministran los nutrientes para el adecuado funcionamiento fisiológico.

El estudio trata de crear una base de datos que defina lo que es un buen desarrollo del sistema radical, y como es la distribución en el suelo, desde que la palma tiene un mes de siembra hasta llegar a la palma de mayor edad, siendo 36 meses. En condiciones específicas de fincas ubicadas en la franja transversal del norte.

2.6 METODOLOGÍA

2.6.1 Ubicación

El estudio se realizó en lotes comerciales pertenecientes a la empresa NaturAceites S.A. ubicados en la Franja Transversal del Norte, en anexos (se observan los distintos lotes y su ubicación).

2.6.2 Selección de las parcelas

Con en el muestreo general de la empresa cada seis meses, se evalúan los parámetros de crecimiento: diámetro de tronco, número de hojas, número de foliolos, largo de hoja, área de la palma, número de foliolos por hoja, largo y ancho de los foliolos de todas las palmas por fincas. Se establecen los máximos y mínimos, de esta manera se obtienen las palmas con características sobresalientes y se descartan las palmas con crecimiento bajo.

Con el periodo de siembra de las palmas por finca, se cuentan los meses que han pasado desde la siembra en campo definitivo, hasta el mes actual, esto ayuda a establecer que palmas se trabajan en campo por mes.

Al tener la palma de muestreo, procede el reconocimiento e identificación en campo, se observa aceptando si esta se encuentra físicamente sana, rechazándola si a su alrededor existe una palma con mejores características físicas.

2.6.3 Método de medición del sistema radical

Al tener identificada la palma en el campo, se implementó el método de estudio lavado de perfil de suelo.

El método de lavado de perfil de suelo para este estudio se elaboró de la siguiente manera: dejando 30 cm de distancia del estipe de la palma hacia uno de sus lados se excavaron dos calicatas, una de cada lado dejando al centro el espacio del estipe (Torres, M *et al* 2002).

Cada calicata tiene las siguientes medidas: longitud de 2 metros, profundidad de 1 metro, ancho de 1 metro. En cada calicata, en la pared al costado de la palma, con la ayuda de clavos y rafia, se trazaron 2 cuadrículas de 1 metro de distancia, trazando a lo largo de la calicata 9 cuadros con medida de 20 centímetros cada uno, en profundidad se realizaron

3 cuadrantes de 30 cm cada uno, de manera que quedaran en cada calicata 27 cuadros de los cuales solo 24 fueron útiles.

Aplicando con la mochila de aspersión, agua a presión se lavan 3 cm de suelo, descubriendo el sistema radicular en ambos lados.

Sujetando acetatos en cada cuadro cubriendo 12 cuadros iniciales, empezando al siguiente metro cubriendo los siguientes 12 cuadros, se calcan las raíces de la palma por cuadrante, las raíces primarias con marcador permanente color negro, las raíces secundarias con marcador azul, las raíces terciarias con marcador color rojo, al trazar se define el diámetro y grosor de dichas raíces (Torres, M *et al* 2002).

Se debe tener especial cuidado con estos acetatos ordenando y evitando confundir cuadrantes, para el orden de los cuadros se enumera en la esquina inferior, comenzando de 1 y terminando en 24, utilizando para el lado derecho números de color azul y del lado izquierdo números de color rojo.

Al finalizar la marcación de raíces se toman fotografías de cada uno de los 24 cuadros, para mejor observación de los perfiles de suelo y la distribución de las raíces en ellos.

2.6.4 Parámetros de crecimiento

Se crea una tabla de datos con los parámetros de crecimiento de las palmas donde han sido muestreadas las raíces, los parámetros de crecimiento a tomar en cuenta fueron: diámetro de tronco, largo de raquis, largo de peciolo, número de hojas verdes, alto y ancho del peciolo, número de folíolos por hoja, largo de los folíolos centrales de la hoja, ancho de los folíolos centrales; estos parámetros se tomaron de la hoja específica de acuerdo a los criterios de muestreo foliar por edad de las palmas.

Ortiz, RA (1994) Palmas de 1 – 5 meses tomar parámetros de hoja 3.

Palmas de 6 – 36 meses tomar parámetros de hoja 9.

Palmas de 37 a más, tomar parámetros de hoja 17.

Diámetro de tronco: se mide la circunferencia del estipe de la palma, con cinta métrica, la cantidad se divide por π (3.1416).

Largo de la hoja: para esto se miden dos parámetros separados. Largo de raquis de la hoja: se mide desde la parte en donde inician los foliolos hasta el ápice de la hoja, lo que se conoce como “V”. Largo del peciolo: este se mide desde la base de la hoja hasta la base en donde inician los foliolos.

Número de hojas verdes: se hace el conteo de hojas verdes en la palma, comenzando con la primera hoja abierta después de la flecha y finalizando en la hoja más vieja que se encuentra verde aún.

Alto y ancho de peciolo: con un vernier se mide a lo largo del peciolo, tomando el haz y envés, la altura de hoja; agarrando por los laterales con el vernier se mide el ancho del peciolo. Estos servirán para determinar el peso seco foliar.

Número de foliolos por hoja: se cuentan todos los foliolos que tenga la hoja de muestreo.

Largo y ancho de los foliolos: se toman 6 foliolos centrales de la hoja de muestreo, tres de cada lado, se toman medidas del largo de cada foliolo así como el ancho central de cada foliolo. Esto sirve para determinar el área foliar de la hoja.

2.6.5 Análisis de información

Raíces

Las imágenes obtenidas en los acetatos son digitalizadas utilizando un escáner, al tenerlas en digital, con la ayuda de un software especializado en mediciones, las raíces son medidas y clasificadas en longitud, basado en las ecuaciones modificadas de Newman y Head.

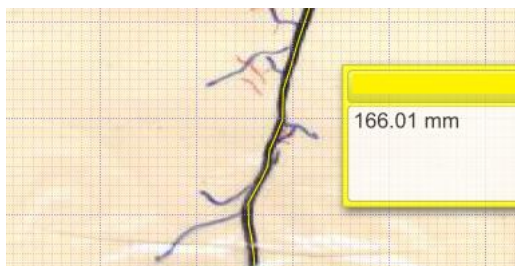


Figura 14 Medición de raíces con software especial.

Se realiza el calcado de raíces en las imágenes digitalizadas, con especial cuidado, evitando margen de error.

Al tener marcadas todas las imágenes las medidas de longitud, se trasladan en tablas a Microsoft Excel en donde se realizaron los cálculos para establecer las características óptimas del desarrollo de raíces para la palma aceitera, ubicadas en suelos de la franja transversal del norte.

Al tener las medidas de longitud, se calcularon los milímetros de raíz primaria, secundaria y terciaria que crece por día.

Con los datos obtenidos en el software, se calculó el número de raíces primarias, secundarias y terciarias por profundidad, y se realizó un cuadro en donde se estableció el porcentaje de longitud de raíces concentrado en las diferentes profundidades y la cantidad de raíz que representa.

Parámetros de crecimiento

Los parámetros son específicos para determinar área foliar y producción de materia seca. Hardon *et al.* (1969) y Corley *et al* (1971), desarrollaron métodos no destructivos que se basan en correlaciones entre pesos secos y mediciones simples, baratos y rápidos.

Peso seco foliar (Kg) = $0.1023 * [\text{alto de peciolo (cm)} * \text{ancho de peciolo (cm)}] + 0.2062$

Área foliar de la hoja (m²) = $0.55 * [\text{No. de foliolos} * \text{promedio largo foliolo (m)} * \text{promedio ancho foliolo (m)}]$

Área foliar por palma = área foliar de la hoja (m²) * número de hojas verdes

Índice de área foliar = área foliar por palma (m²) / (10000m²/densidad de palmas por hectárea (143))

Masa foliar por palma (Kg) = peso seco foliar (Kg) * No. hojas verdes

Estos parámetros se calcularon para establecer el estado físico de las palmas en las cuales se realizó el estudio del desarrollo de raíces.

2.7 RESULTADOS

El desarrollo de raíces de palma aceitera de 1 mes a 36 meses de siembra en suelos de distintas localidades con características similares, pendientes no pronunciadas en la mayor parte de las áreas sembradas; con manejo de drenajes en áreas con exceso de humedad, coberturas naturales que proporcionan nutrientes a la palma; se presenta en los siguientes cuadros y gráficas, determinando la distribución, longitud, número de raíces por profundidad de suelo, crecimiento de raíces en milímetros de raíz por día.

El cuadro 11. Presenta los lotes de las fincas donde se realizó el estudio de raíces por edad de las palmas, al no encontrar palmas de la edad correspondiente en los lotes de la empresa NaturAceites S.A. se utilizó una finca propiedad de productores independientes, es decir personas que arrendan terrenos para producción de palmas. Debido al corto tiempo de la práctica, no se pudo llegar a las edades de palmas de 11 a 14 meses de edad.

Cuadro 11 Referencia de palmas por edad, lote y finca de ubicación

Finca	Edad	Lote
El Canaleño	1, 2, 3	18
Sacol	4, 6, 8-10	32
Sacol	5, 7	33
Independientes	11-14	X
Sacol	15, 16	25
Sacol	17	11
El Canaleño	18	7
Sacol	19	24
Canaleño	20	3
Canaleño	21	4
Yalcobé	22	11
Yalcobé	23	15
Yalcobé	24	13
Yalcobé	25	14
Canaleño	26	1
Yalcobé	27, 28, 32	10
Yalcobé	29	9
La Peñita	30, 31, 33	7
Yalcobé	34	2
La Peñita	35	1
Yalcobé	36	1

Fuente: Elaboración propia; año 2011

En el cuadro 12. Se presentan las raíces primarias, secundarias y terciarias en centímetros de longitud por edad de la palma, en un metro de profundidad y dos metros de largo; para las edades de 1 a 5 meses no se encontraron raíces horizontales ni en ángulos de 45°, debido a que en este periodo las raíces son desarrolladas verticalmente anclándose y profundizando para sujetar la palma al suelo, evitando que el viento u otros factores la tumben, por carecer de raíz pivotante.

Cuadro 12 Longitud total de raíces por edad de las palmas.

Edad	Longitud de raíz cm		
	Primaria	Secundaria	Terciaria
6 U/IN S	7.96	40.09	21.39
7 U/IN S	30.67	35.07	10.67
8 U/IN S	26.91	178.17	92.58
9 U/IN S	50.77	669.79	415.25
10 U/IN S	24.71	230.47	56.23
11 AL/M i	67.79	862.24	775.76
12 AL/ML i	8.32	386.79	349.69
13 AL/ML i	47.68	1149.97	981.71
14 AL/ML i	68.55	516.15	457.28
15 U/IN S	570.03	1814.05	1749.67
16 U/IN S	118.44	814.15	530.99
17 U/IN S	214.40	1284.49	975.97
18 U/IN S	222.25	621.35	281.99
19 U/IN C	207.86	2129.98	1579.89
20 U C	254.94	3137.78	1632.94
21 U C	180.37	1613.87	1066.33
22 U Y	211.42	1826.09	2624.38
23 U Y	210.60	2310.07	1272.39
24 U Y	458.83	1915.85	1154.50
25 U Y	280.13	3487.22	2801.07
26 U C	238.32	3971.71	2989.81
27 U Y	473.36	2263.37	2625.07
28	383.69	2840.08	2179.59
29 U Y	654.68	4223.81	3657.43
30 IN P	451.52	3405.79	2243.89
31 IN P	298.01	3436.19	3177.95
32 U Y	291.71	2921.32	2549.42
33 IN P	262.11	3582.93	2835.61
34 U Y	806.14	3544.85	2315.44
35 IN P	337.27	5228.81	4243.18
36 U Y	837.36	5464.35	4948.06

Fuente: elaboración propia; año 2011

Donde:

U = ultisol, In= inceptisol, Al=alfisol, Ml=molisol, S= finca Sacol, C= finca canaleño, Y= finca yalcobé, P=finca la peñita.

La tendencia de las raíces con relación a la edad es lineal, teniendo un incremento con el tiempo. Al observar la tabla anterior, se encuentran cantidades que disminuyen, esto se debe a que las palmas fueron tomadas en distintos puntos (lotes, centros fruteros, finca), obteniendo las palmas por edad con parámetros de crecimiento representativos de acuerdo a la edad. Sin embargo se considera el incremento de raíces para cada año, a una tendencia lineal.

En la Figura 15. Se presenta las tendencias lineales para raíces primarias, secundarias y terciarias, utilizando datos del cuadro 12.

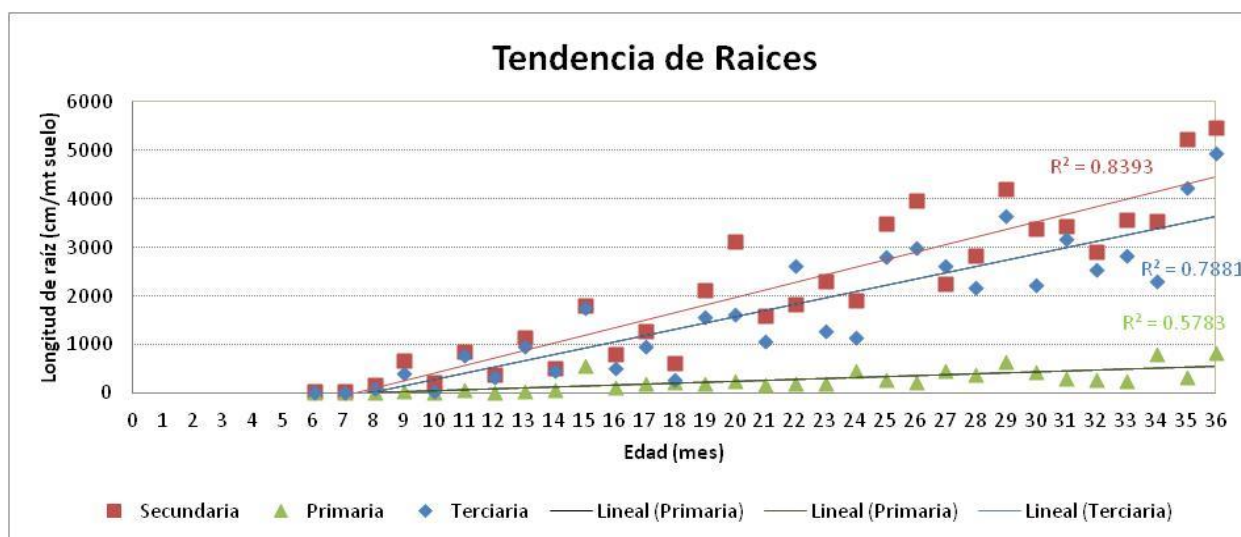


Figura 15 Tendencia longitudinal de raíces de 1 a 36 meses de edad.

Las cantidades de raíces del cuadro 12, y la tendencia de incremento se distribuyen en profundidad por ambos lados de la palma, abarcando cada mes, más área de suelo, encontrando preferencia por el área más cercana a la superficie, en las gráficas y cuadros siguientes se observa la distribución de las raíces cada 6 meses de edad, con su respectiva tabla de datos que presenta el número de raíces y el porcentaje longitudinal de raíces en cada profundidad de suelo.

En la figura 16, la distribución de raíces se presenta en dos ejes horizontales, enfocando el estipe de la palma como un punto 0, a 20 centímetros de longitud de suelo con profundidad de 30 centímetros se observa crecimiento radicular; en uno de los lados de la palma a 20 y 40 centímetros del estipe de la palma se observa que las raíces han profundizado a 60 centímetros de suelo.

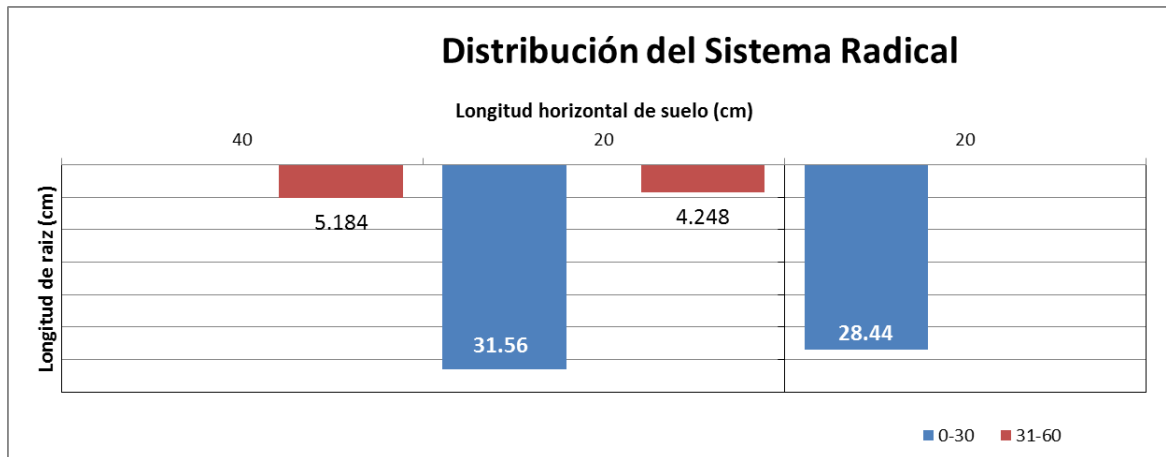


Figura 16 Distribución radicular de palma de 6 meses de edad.

En el cuadro 13, la distribución de las raíces con seis meses de edad, se da de acuerdo a la profundidad y tipo de raíz encontradas en el estudio; la cantidad se refiere al número de raíces encontradas en un metro de suelo alejado horizontalmente del estipe hacia dos lados de la palma, en tres profundidades, hasta llegar a un metro de profundidad. La longitud se basa en el largo de cada tipo de raíz encontrada en cada profundidad, sobre el total de raíces de la palma de seis meses de edad. A los 6 meses de edad las raíces primarias y secundarias alcanzan los 60 centímetros de profundidad en pequeñas proporciones, las terciarias solo abarcan los 30 centímetros de profundidad, debido a que las primarias y secundarias comienzan a profundizar y establecerse a los 60 centímetros.

Cuadro 13 Distribución de raíces de palma con 6 meses de edad.

Profundidad	30 cm		60 cm		90 cm	
Raíz	Cantidad	Longitud	Cantidad	Longitud	Cantidad	Longitud
Primaria	0	0%	2	11%	0	0%
Secundaria	19	56%	5	2%	0	0%
Terciaria	134	31%	0	0%	0	0%

Figura 17. El sistema radicular en doce meses de edad ha crecido a lo largo del estipe de la palma para ambos lados quedando el mayor desarrollo a los 20 centímetros del estipe, llegando así a los 80 centímetros horizontales. La profundidad que han alcanzado las raíces a los doce meses es de 60 centímetros.

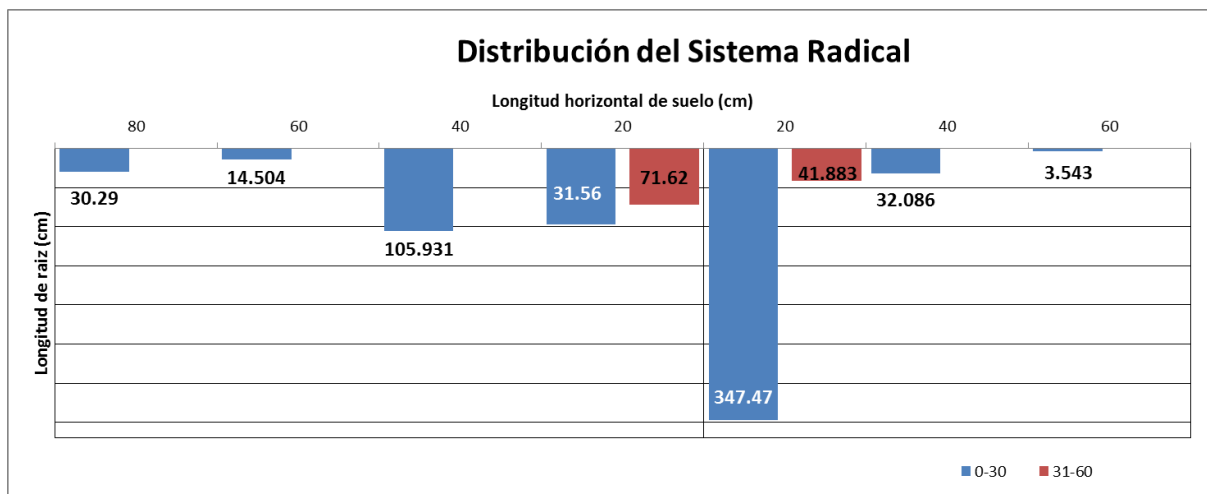


Figura 17 Distribución radicular de palma con 12 meses de edad.

En el cuadro 14. El sistema radicular en los doce meses es vigoroso y abundante desde la superficie hasta los 60 centímetros de profundidad, las raíces terciarias se prolongan en cantidades de 953 raíces dispersas en 30 centímetros de profundidad, siendo el 40% de la longitud total de raíces. En los 60 centímetros de profundidad el 7% del total de raíces corresponde a las raíces terciarias, este porcentaje está dividido en 199 raíces terciarias, las raíces primarias no se observan pudiendo estar en distintos ángulos, diferentes al de muestreo. A los 90 centímetros de profundidad no se observan raíces de ningún tipo, esto

se debe a que las raíces se encuentran habitando los 60 centímetros de profundidad de suelo.

Cuadro 14 Distribución de raíces de palma con 12 meses de edad.

Profundidad	30 cm		60 cm		90 cm	
Raíz	Cantidad	Longitud	Cantidad	Longitud	Cantidad	Longitud
Primaria	4	1%	0	0.0%	0	0.0%
Secundaria	146	44%	35	8%	0	0.00%
Terciaria	953	40%	199	7%	0	0.00%

La figura 18, el desarrollo de raíces se ha prolongado horizontalmente, logrando una buena distribución de raíces en los 80 centímetros alejados del estipe, con 30 centímetros de profundidad, a esta distancia y profundidad se obtiene la mejor absorción de nutrientes, para la palma de 18 meses de edad. No obstante, la palma puede absorber nutrientes a los 60 centímetros de profundidad, debido a que cierta cantidad de raíces han alcanzado desarrollarse en estos horizontes de suelo.

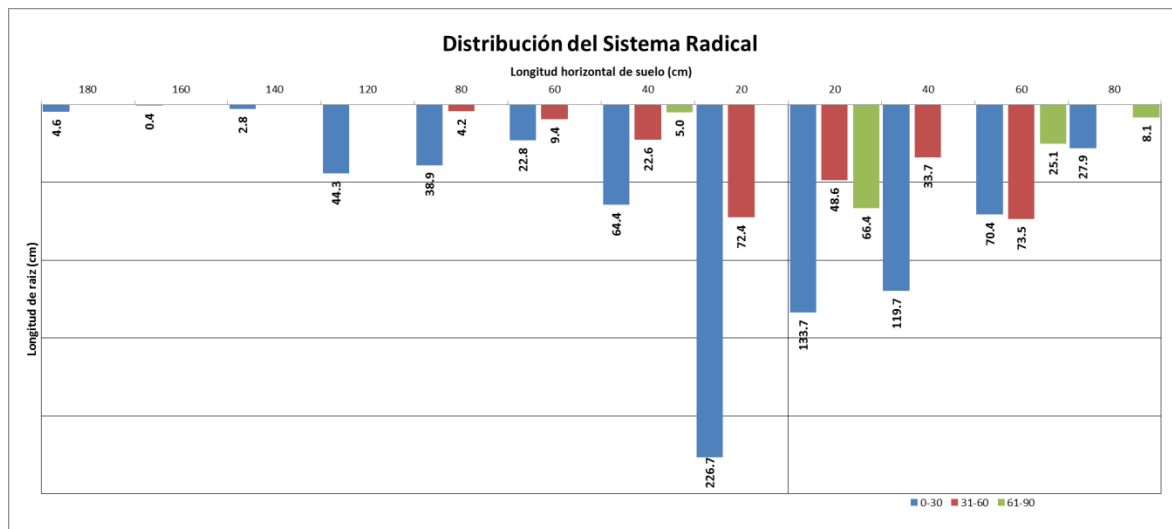


Figura 18 Distribución radicular de palma de 18 meses de edad.

En el cuadro 15 se presentan las raíces de 18 meses de edad, las raíces de los tres tipos comienzan a explorar nuevos horizontes de suelo, alcanzando los 90 centímetros de

profundidad; al encontrar raíces primarias en dichas profundidades, estas producirán raíces secundarias, de las que emergen raíces terciarias, las cuales absorberán nutrientes y minerales que en horizontes anteriores, no fueron absorbidos.

Cuadro 15 Distribución de raíces de palma con 18 meses de edad.

Profundidad	30 cm		60 cm		90 cm	
Raíz	Cantidad	Longitud	Cantidad	Longitud	Cantidad	Longitud
Primaria	37	15%	2	4%	4	1.4%
Secundaria	177	37%	56	13%	20	5.28%
Terciaria	767	16%	352	7%	155	2.63%

En la figura 19. Se obtiene la distribución de raíces para la edad de 24 meses (2 años), a esta edad las raíces se han desarrollado en los 60 centímetros de profundidad, alcanzando horizontalmente desde el estipe los dos metros con abundante raíz, esto hace que la palma pueda absorber todo los nutrientes administrados en la fertilización, el desarrollo de las raíces en los 90 centímetros de profundidad, es escaso, pero distribuido en las distintas longitudes horizontales de suelo.

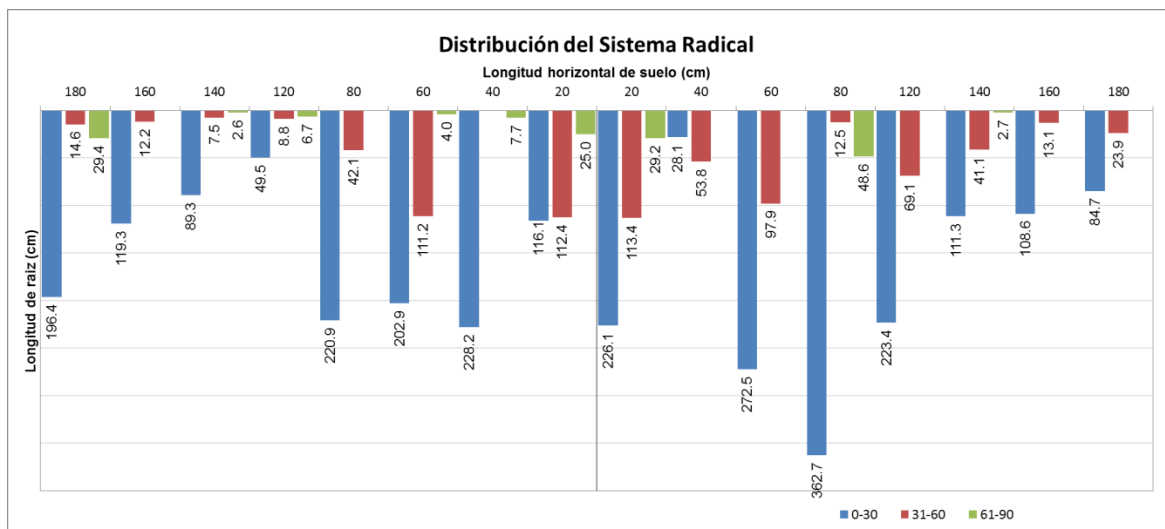


Figura 19 Distribución radicular de palma de 24 meses de edad.

El cuadro 16 presenta el desarrollo de raíces a los 24 meses de edad de la palma, a los 30 centímetros de profundidad la cantidad de raíz encontrada es abundante, un sistema denso de raíces terciarias, raíces secundarias ocupando el mayor porcentaje longitudinal sobre el total de raíces para los 30 meses de edad; las raíces de la palma tienden a aumentar en número y longitud a mayores profundidades, al aumentar las raíces del nivel más cercano a la superficie (30 cm).

Cuadro 16 Distribución de raíces de palma con 24 meses de edad.

Profundidad	30 cm		60 cm		90 cm	
Raíz	Cantidad	Longitud	Cantidad	Longitud	Cantidad	Longitud
Primaria	67	9%	18	3%	7	0.7%
Secundaria	638	40%	201	12%	30	2.59%
Terciaria	4277	25%	932	6%	157	1.13%

En la figura 20, se observa la distribución de raíces a los 36 meses de edad de la palma, las raíces con profundidad de 30 centímetros, alcanzan los 3 m solo en el área cercana al estipe, conforme se aleja reduce la cantidad de raíces, dando en 2 metros alejados del estipe, 2 metros de raíces, lo que hace que en esta distancia los nutrientes sean aprovechados por todas las raíces.

En la palma de estudio, las raíces se encuentran en uno de los extremos alcanzando el metro de profundidad, suele darse por las condiciones del lugar de muestreo, debido a que en un extremo el suelo es poco profundo.

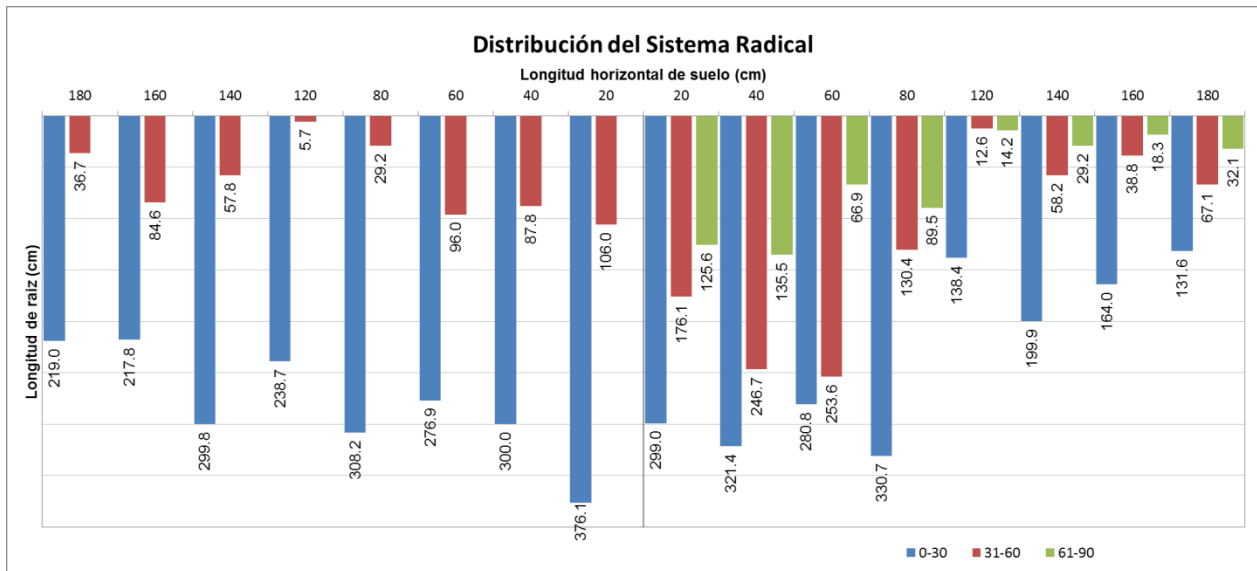


Figura 20 Distribución radicular palma de 30 meses de edad.

En el cuadro 17 las condiciones de suelo permiten a las raíces desarrollarse en niveles más profundos (90 cm), a esta profundidad el sistema radicular es abundante, con raíces vigorosas y saludables; la longitud corresponde a un 8.4% del total de raíz, alcanzando 5.11 m. Distribuido en primarias, secundarias y terciarias.

Cuadro 17 Distribución de raíces de palma con 30 meses de edad.

Profundidad	30 cm		60 cm		90 cm	
Raíz	Cantidad	Longitud	Cantidad	Longitud	Cantidad	Longitud
Primaria	84	5%	24	2%	3	0.2%
Secundaria	907	38%	311	14%	80	4.59%
Terciaria	5134	24.71%	2453	8.45%	912	3.62%

La figura 21 se observa, las raíces han profundizado los 90 centímetros, y abarcado los dos metros alejados del estipe de la palma. La densidad de raíces a los 30 centímetros es favorable, presenta una longitud de desarrollo amplia, si se aplicará el fertilizante al metro o dos metros lejos del estipe, la palma absorbería los nutrientes, ya que la palma tendría la suficiente raíz en esas áreas.

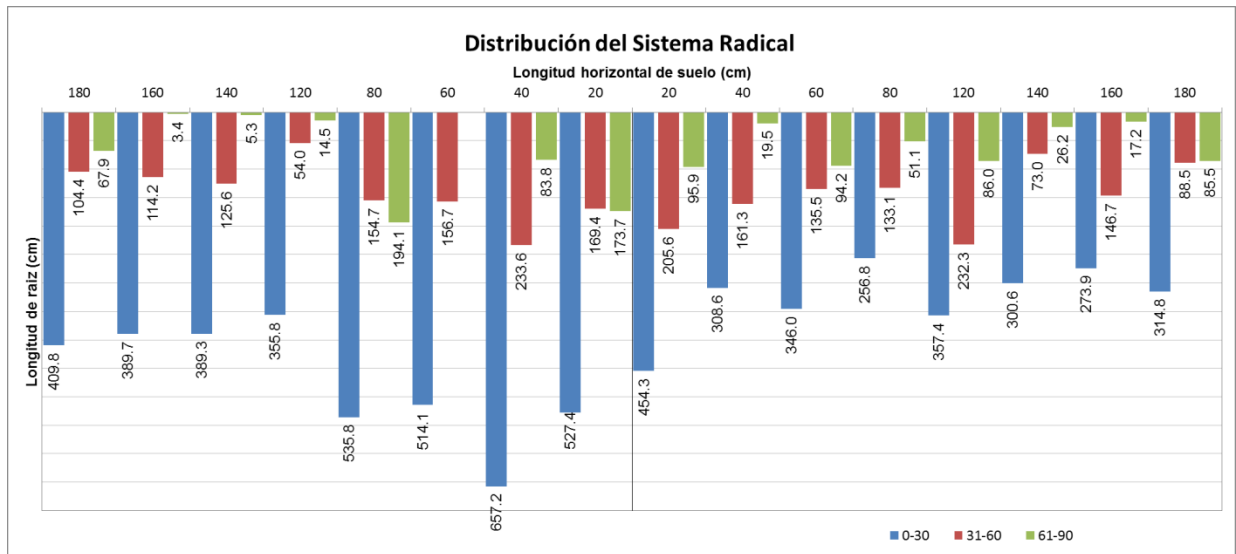


Figura 21 Distribución radicular palma de 36 meses de edad.

Cuadro 18. Como se observa en la gráfica 7 las raíces han abarcado toda el área de estudio en longitud y profundidad, en este cuadro se presenta como se distribuye toda la raíz en cada una de las profundidades, las raíces como en todas las edades observadas, es abundante desde la superficie hacia los 30 cm, es en donde absorbe la mayor cantidad de nutrimentos. En 36 meses las palmas han aumentado la cantidad de raíces considerablemente en los tres cuadrantes de profundidad, alcanzando los 100 cm (1mt.), tomando en cuenta que el tipo de suelo puede reservar humedad, aunque su reserva de nutrientes es baja, considerando la fertilización para obtener buena producción.

Cuadro 18 Distribución de raíces de palma con 36 meses de edad.

Profundidad	30 cm		60 cm		90 cm	
Raíz	Cantidad	Longitud	Cantidad	Longitud	Cantidad	Longitud
Primaria	130	6%	30	2%	8	0.6%
Secundaria	1489	34%	552	15%	258	7.65%
Terciaria	11120	32%	3738	13%	1740	6.12%

Las raíces crecen a una velocidad de 4 mm/día, según (Corley, Tinker); para las palmas ubicadas en la franja transversal se calcula, de acuerdo a la longitud de las mismas, la velocidad de crecimiento según su tipo.

En el cuadro 19 se presentan las raíces, y la velocidad de crecimiento por día, según su tipo. Las raíces primarias crecen 4 milímetros por día, las secundarias crecen 3 milímetros por día y las raíces terciarias crecen 1 milímetros al día.

Cuadro 19 Crecimiento de raíz por día

Raíz	mm/día
Primaria	4
Secundaria	3
Terciaria	1

De las palmas en las distintas edades, se toman los parámetros de crecimiento, para observar la relación que tienen las raíces con el desarrollo aéreo y estimar el índice de área foliar. En el documento se presentan los parámetros de crecimiento de las palmas desde 1 mes de siembra hasta los 36 meses de edad.

Según Corley, RHV (2009) La longitud de pecíolo de una hoja varía considerablemente, pudiendo llegar hasta 1.2 metros. El raquis de la hoja es duro y fibroso, puede alcanzar los 8 metros de longitud. Los folíolos individuales son de forma lineal y cada hoja tiene un par terminal de folíolos, hay entre 250 a 300 folíolos por hoja madura y llegan a medir hasta 1.3 metros de largo y 6 centímetros de ancho.

Las longitudes de raquis de la hoja de muestreo alcanzan los tres metros y medio a los 36 meses, al incluir el pecíolo de la hoja, esta llega a medir 4.30 metros de largo.

El número de hojas producidas anualmente por una palma de plantación aumenta entre 30 y 40 entre 2 y 4 años de edad. De ahí en adelante la producción disminuye a un nivel de 20 a 25 por año aproximadamente desde los 8 años.²

En el cuadro 20 Se dan los parámetros de crecimiento de la palma aceitera, obtenidos al momento de realizar el estudio de raíces. El número de hojas, refiere a las hojas verdes en cada palma; el número de foliolos está dado por hoja de palma muestreada; el diámetro corresponde al estipe, línea que pasa por ambos lados de la palma; el largo de la hoja está dado por el largo del raquis y el largo del peciolo.

Diámetro de tronco, según Jagoe (1934) el diámetro de las palmas Deli varía de 45 a 60 centímetros. El diámetro de tronco en palmas ubicadas en la franja transversal del norte aumenta de un mes a los 36 meses de edad. Llegando a 75 centímetros de diámetro a los 36 meses.

Cuadro 20 Parámetros de crecimiento de la palma aceitera de 1 a 36 meses de siembra.

Edad	No. de hojas	No. Foliolos	Diámetro de estipe (cm)	Largo hoja (cm)
1	11.0	56.0	12.7	108.0
2	13.0	66.0	12.7	103.0
3	12.0	96.0	13.1	127.3
4	12.0	102.0	13.8	126.0
5	14.0	106.0	14.0	145.0
6	15.0	70.0	16.9	89.0
7	17.0	96.0	17.2	146.0
8	18.0	116.0	17.5	162.0
9	17.0	114.0	18.1	161.0
10	19.0	128.0	18.5	173.0
11	25.0	128.0	21.6	174.0
12	20.0	112.0	23.9	156.0
13	23.0	172.0	24.5	211.0
14	23.0	160.0	27.1	213.0
15	33.0	178.0	34.1	247.1
16	28.0	124.0	36.9	251.0
17	26.0	172.0	43.6	251.0
18	25.0	160.0	45.5	227.8
19	27.0	188.0	47.4	270.0
20	39.0	180.0	48.1	288.0
21	35.0	190.0	49.7	305.0
22	29.0	200.0	52.8	257.0
23	40.0	184.0	55.1	337.0
24	32.0	182.0	57.3	282.0
25	40.0	184.0	57.3	315.0
26	32.0	224.0	61.1	371.0
27	43.0	212.0	61.4	234.0
28	36.0	250.0	61.4	359.0
29	36.0	244.0	63.7	368.0
30	44.0	256.0	64.3	396.0
31	38.0	248.0	66.5	470.0
32	37.0	238.0	66.8	423.0
33	37.0	254.0	69.4	481.0
34	35.0	268.0	70.0	465.0
35	38.0	252.0	71.6	432.0
36	48.0	260.0	79.6	430.0

Fuente: elaboración propia

Los parámetros de crecimiento, respecto a la hoja de muestreo según la edad de la palma, el diámetro del estipe y la cantidad de foliolos por hoja se observan en la figura 22; el diámetro de la palma va aumentando conforme aumenta la palma en edad; los foliolos se ven relacionados con la longitud de la hoja, cuando la hoja aumenta los foliolos aumentan en cantidad.

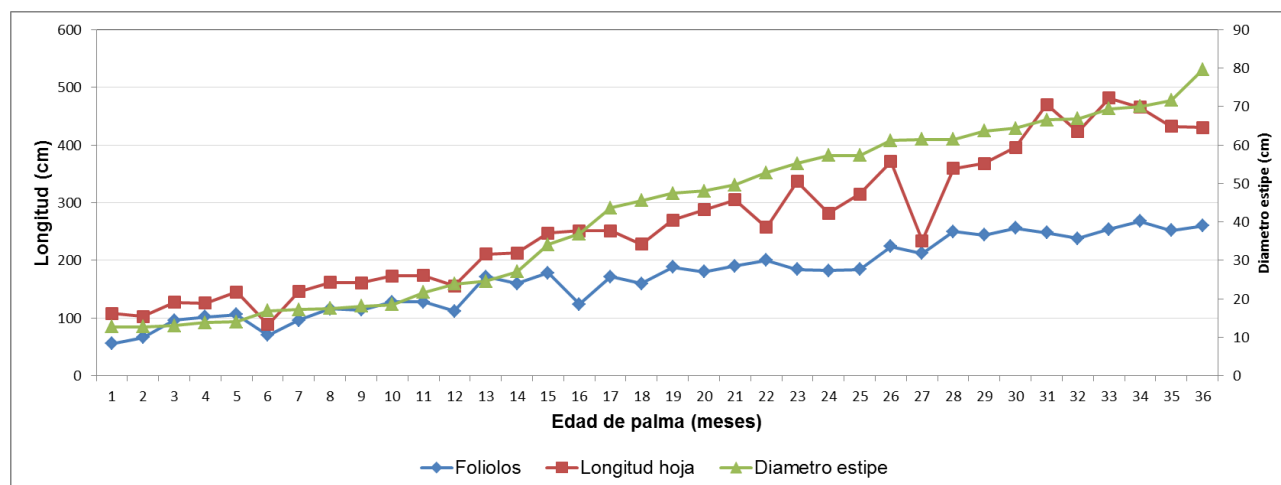


Figura 22 Parámetros de crecimiento de hoja de muestreo correlacionado con el estipe de la palma, de 1 a 36 meses de edad.

La relación entre los parámetros de crecimiento de hoja, y el diámetro de estipe es de 0.94, haciendo de estos parámetros complementarios, ver cuadro 21.

Cuadro 21 Coeficiente de correlación entre parámetros de crecimiento de la hoja de muestreo y el diámetro de estipe de la palma aceitera.

	Foliolos	Longitud hoja	Diámetro estipe
Foliolos	1		
Longitud hoja	0.94792193	1	
Diámetro estipe	0.94592909	0.940130227	1

El peso seco foliar se puede estimar a partir del ancho y profundidad del peciolo, medido en la unión de éste y el raquis, multiplicado por el número de hojas nuevas producidas se determina la materia seca total incorporada en las hojas (Corley, RHV; Tinker, PB. 2009).

En el cuadro 22. Se tienen las estimaciones de materia seca producida de la palma aceitera, mediante el método no destructivo propuesto por Hardon y Corley.

Cuadro 22 Materia seca e Índice de masa foliar de la palma aceitera de 1 a 36 meses de siembra.

Edad	Peso seco foliar (Kg)	Área foliar/ hoja (m²)	Área foliar/palma (m²)	Índice área foliar	Masa fol./palma (Kg)
1	0.31	0.4	4.05	0.1	3.4
2	0.45	0.5	6.32	0.1	5.8
3	0.36	0.9	11.04	0.2	4.3
4	0.42	0.6	7.18	0.1	5.0
5	0.61	0.8	10.55	0.2	8.6
6	0.50	0.6	9.61	0.1	7.5
7	0.42	0.9	15.37	0.2	7.1
8	0.59	1.0	18.70	0.3	10.7
9	0.40	0.9	14.59	0.2	6.8
10	0.49	1.3	24.37	0.3	9.4
11	0.68	1.2	30.35	0.4	16.9
12	0.75	0.8	16.09	0.2	15.0
13	0.57	1.4	31.06	0.4	13.2
14	0.47	1.2	26.93	0.4	10.8
15	0.71	2.2	71.81	1.0	23.4
16	0.70	1.4	38.56	0.6	19.5
17	1.04	2.1	54.42	0.8	27.0
18	0.77	1.8	45.18	0.6	19.2
19	0.95	2.2	59.53	0.9	25.6
20	0.98	2.9	114.25	1.6	38.2
21	1.14	2.6	92.09	1.3	39.9
22	1.09	2.6	75.79	1.1	31.6
23	1.06	2.4	95.47	1.4	42.5
24	0.94	2.2	71.92	1.0	30.2
25	1.27	2.8	112.41	1.6	50.8
26	0.66	4.0	126.63	1.8	21.1
27	1.18	3.1	134.53	1.9	50.7
28	1.12	3.2	116.49	1.7	40.5
29	1.50	4.1	148.46	2.1	53.8
30	1.35	5.1	222.83	3.2	59.4
31	1.48	4.7	227.67	3.3	71.3
32	2.10	4.1	150.81	2.2	77.6
33	1.80	3.2	116.83	1.7	66.7
34	1.92	5.6	194.53	2.8	67.2
35	1.59	5.6	212.48	3.0	60.3
36	1.26	5.7	273.02	3.9	60.6

En la figura 23, se presenta la relación existente entre las raíces de la palma y la parte aérea, indicando como se ve reflejado el sistema radicular en el área foliar de la palma, por lo que a la vez tendrá efecto en la producción de racimos de fruta.

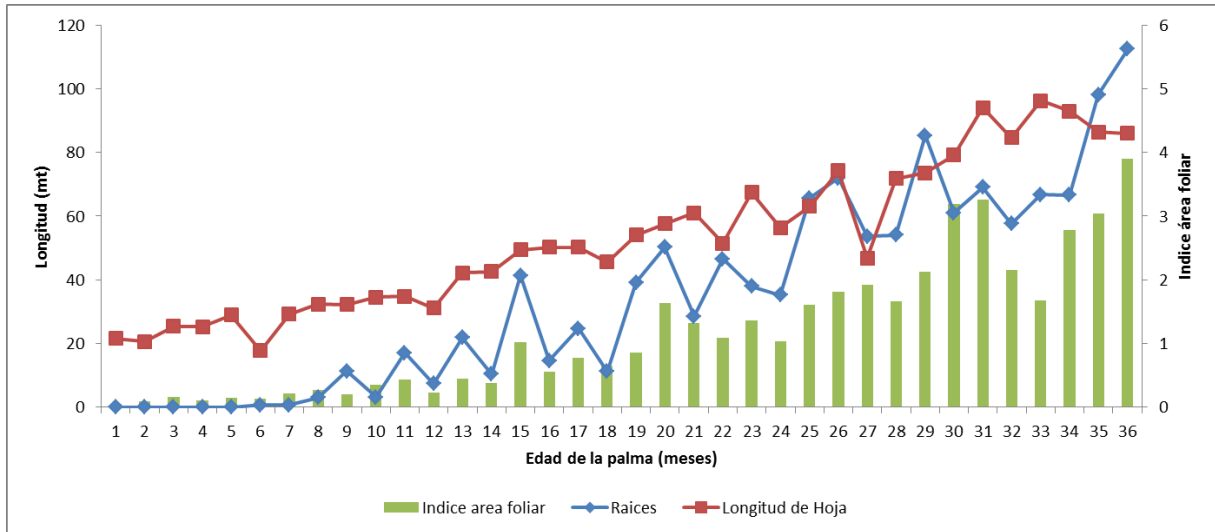


Figura 23 representación del área foliar con respecto a raíces por edad en palma aceitera.

En el cuadro 23 se obtiene el coeficiente de correlación entre la longitud de hoja, el Índice de área foliar y la longitud de raíces de palma en distintas edades.

Cuadro 23 Coeficiente de correlación de parámetros aéreos con las raíces de la palma de acuerdo a su edad.

	<i>Raíces</i>	<i>Longitud de Hoja</i>	<i>Índice área foliar</i>
Raíces	1		
Longitud de Hoja	0.90	1	
Índice área foliar	0.90	0.92	1

2.8 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El estudio fue basado en conocimiento y determinación del desarrollo de las raíces de la palma aceitera ubicadas en la franja transversal del norte, en los lotes comerciales de la empresa NaturAceites S. A.

Las raíces presentan un papel importante en el desarrollo y crecimiento de la palma, siendo estas las encargadas de suministrar los nutrientes y llevarlos a todas las partes de la palma (hojas, tronco, flores y frutos); los nutrientes son aplicados al suelo, y absorbidos en gran parte por las raíces, las raíces terciarias tienen la función de absorción de nutrientes y agua, pasan a las raíces secundarias y transportadas por las raíces primarias a toda la planta.

Al utilizar el método de lavado de perfiles, se determinó la distribución espacial de las raíces en los distintos perfiles de suelo, en donde se observa que las raíces en palmas de 1 a 5 meses de siembra en campo no se extienden horizontalmente, las raíces se profundizan verticalmente anclando y dando soporte a la palma, las primeras raíces en salir son las primarias, estas al inicio de la etapa se encargan de absorber el agua y los nutrientes y transportarlos a toda la palma.

La expansión de las raíces comienza a presentarse del quinto al sexto mes de siembra, en donde las raíces primarias se continúan desarrollando verticalmente llegando a los 60 centímetros de profundidad y desarrollando hacia diferentes ángulos de crecimiento; en los 30 de profundidad y con 20 centímetros alejados del estipe, comienzan a desarrollarse las raíces secundarias y terciarias hacia ambos lados de la palma.

En doce meses de edad la palma ha desarrollado raíces primarias, secundarias y terciarias llegando a profundidades de 50 centímetros y prolongándose del estipe a 70 centímetros de longitud, las raíces en la superficie se expanden y conforme van profundizando disminuye la cantidad, formando una especie de “V”. El área de mayor absorción de nutrientes se da en los 30 centímetros de profundidad a 20 centímetros del estipe.

A los 18 meses la palma sigue expandiendo sus raíces abarcando en el área superficial un metro de longitud, profundizando los 90 centímetros de muestreo, llegando a esa profundidad se expande a 60 centímetros las raíces primarias. La región de mayor

absorción de nutrimentos se encuentra a profundidad de 30 centímetros y 40 centímetros de longitud del estipe.

En los 24 meses de edad las raíces se expanden en 30 centímetros de profundidad, a dos metros de longitud del estipe, a los 90 centímetros de profundidad las raíces se expanden a un metro de longitud.

El desarrollo de raíces es creciente, en las palmas de 36 meses de edad el sistema radicular es denso en los 2 metros de longitud, comprendiendo de los 30 a los 90 centímetros de profundidad.

El sistema radicular, al analizar las palmas en distintas edades, se observa una expansión horizontal, desde que comienzan a explorar distintos ángulos, alejándose cada mes un poco más del estipe de la palma; quedando la mayor concentración de raíces, referido con la longitud de hoja, en la parte media de la hoja hacia el estipe de la palma, en cuanto a profundidad de los 3 a 60 centímetros de suelo. El sistema radicular aumenta y disminuye en ciertos meses, esto se debe a las características del lugar de siembra, así el manejo que la palma haya tenido antes y durante la siembra, este es un indicativo de la conducta de las raíces en palmas con buenas condiciones de desarrollo.

La velocidad de crecimiento según Jordan y Rey (1997) para raíces primarias es de 3 mm/día, raíces secundarias de 2 mm/día y terciarias de 0.8 mm/día. Mientras que para Henson *et al* (1994), considera velocidades de 1.5 mm/día primarias, 0.75 mm/día secundarias, 0.3 mm/día terciarias.² Lo correspondiente para las palmas en lotes de siembra pertenecientes a la empresa, las raíces crecen 4mm/día primarias, importantes para el sostén de las otras raíces, 3mm/día secundarias, 1 mm/día terciarias. Las raíces terciarias son las de mayor crecimiento y las primarias crecen más lento; en comparación a lo especificado por distintos autores. Es importante mantener la cantidad de estas raíces terciarias debido a la absorción de nutrientes.

El desarrollo de raíces se ve reflejado en los parámetros de crecimiento externos, los parámetros incrementan conforme a la edad, la relación de los mismos tiene un comportamiento lineal; es decir, al aumentar las raíces, aumenta el área foliar; y al aumentar

el área foliar, los nutrientes son más aprovechados por la planta, para realizar la fotosíntesis y respiración, las cuales aumentarían la sanidad y producción de la palma.

2.9 CONCLUSIONES

El sistema radicular de la palma aceitera se concentra de la superficie a los 40 centímetros de profundidad, llegando a los 2 metros de longitud horizontal alejados del estipe, distribuido en los perfiles de suelo muestreados. La velocidad de crecimiento es moderada a rápida, renovando raíces constantemente, esto hace que se mantenga un número considerable de raíces, para la nutrición de la palma en todo momento.

La longitud radicular es condensada de la superficie hasta los 40 cm de profundidad en las distintas edades. Esta longitud de raíces llega a los 2 metros de suelo horizontal a los 36 meses de edad de la palma. En los primeros 12 meses es menor o igual a 1 metro de suelo horizontal. La mayor cantidad de raíces en las distintas edades está dado por las raíces terciarias, a los 36 meses de edad llegan a tener más de 10000 raicillas a una profundidad de 40 cm, lo que hace que los nutrientes sean mejor absorbidos.

El crecimiento de las raíces es proporcional con el largo de hoja, es decir, las hojas crecen de acuerdo a las raíces, el tamaño de las hojas nos indican la longitud de raíces.

Con las imágenes calcadas sobre acetatos se obtiene la distribución en distintos ángulos del sistema radicular exactamente como se encuentra en el suelo, al aumenta la edad, las raíces exploran mayores profundidades alcanzando distintas áreas de suelo. Las raíces se encuentran en mayor cantidad cerca del estipe y se expanden figurando una “U” o copa. (Ver anexos).

2.10 BIBLIOGRAFÍA

1. Chinchilla, C. s.f. Cultivo de la palma aceitera. s.n.t. 20 p.
2. Corley, RHV; Tinker, PB. 2009. La palma de aceite, sistema radicular. 4 ed. UK, World Agriculture Series. Blackwell Science. 562 p.
3. GREPALMA (Gremial de Palmicultores de Guatemala, GT). 2008. La palma de aceite en Guatemala (en línea). Guatemala. Consultado 20 mar. 2011. Disponible en http://www.grepalma.org/palma_guate/Index.html
4. IPNI (The Internacional Plant Nutrition Institute, US). 2003. Palma de aceite, manejo para rendimientos altos y sostenibles, aspectos botánicos de la palma de aceite pertinentes al cultivo. Eds. TH Fairhurst y R Hårdter. Georgia, US. 404 p.
5. Labarca, MV; Narváez, Z. Identificación y fluctuación poblacional de insectos polinizadores en palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) en el sur del lago de Maracaibo, Estado Zulia, Venezuela. Revista de la Facultad de Agronomía. 26(3):305-324.
6. Ortiz Vega, RA; Fernández Herrera, O. 1994. **Cultivo de la palma aceitera**: muestreo foliar (en línea). San José, Costa Rica, EUNED. p. 113. Consultado 20 mar 2011. Disponible en books.google.com.gt/books?isbn=9977647666
7. Raygada Zambrano, R. 2005. Manual técnico para el cultivo de la palma aceitera. Perú, DEVIDA / PRODATU. 109 p.
8. Torres V, M; Acosta G, A; Salamanca M, O; Cristancho, JA; Santacruz Gaicaramo, L. 2002. Estudio del sistema radical *in situ* de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) mediante el método de lavado de perfiles. CENIAVANCES no. 90:1-4.
9. Torres Vaca, JG. 2006. Evaluación de la influencia de plantaciones adultas sobre cultivos jóvenes en la calidad de conformación de racimos en el híbrido Cirad de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Quinindé, fisiología de la polinización natural de la palma aceitera. Tesis Lic. Santo Domingo de los Colorados, Ecuador, Escuela Politécnica del Ejército, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Extensión Santo Domingo de los Colorados. 117 p.

2.11 ANEXOS

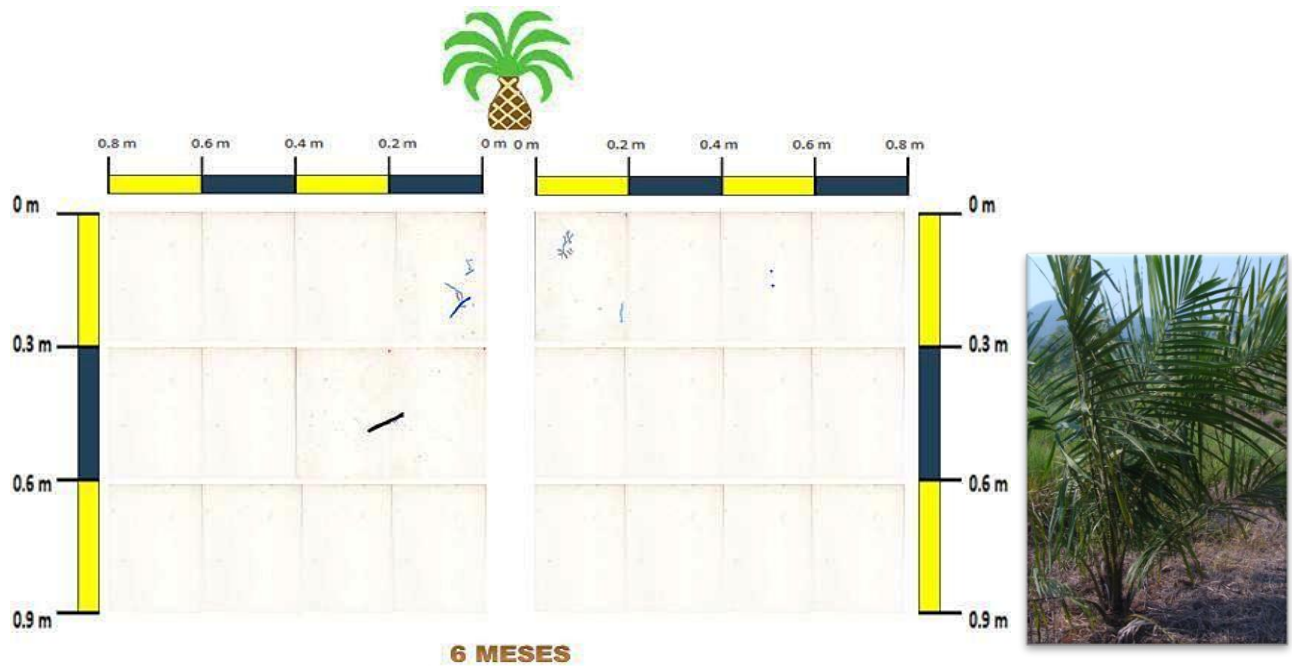


Figura 24 Distribución y desarrollo de raíces de palma a los seis meses, en suelos propios de la empresa NaturAceites S. A. ubicada en la Franja Transversal del Norte.

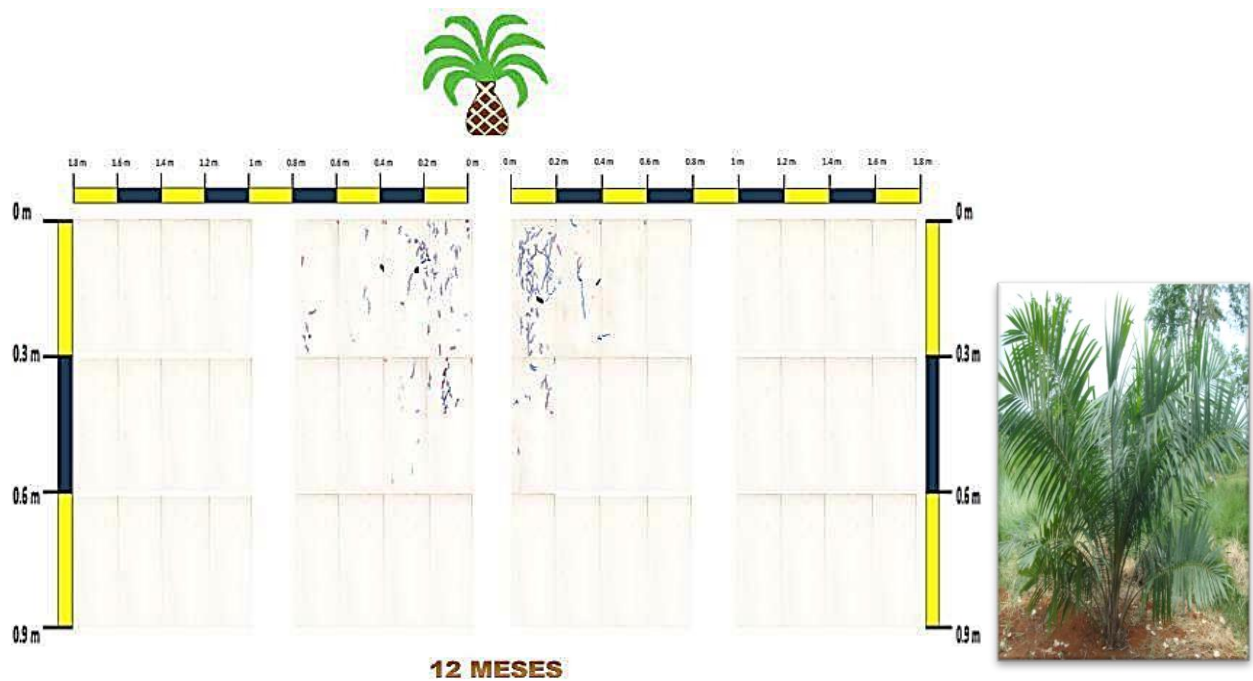


Figura 25 Distribución y desarrollo de raíces de palma a los doce meses, en suelos propios de la empresa NaturAceites S. A. ubicada en la Franja Transversal del Norte.

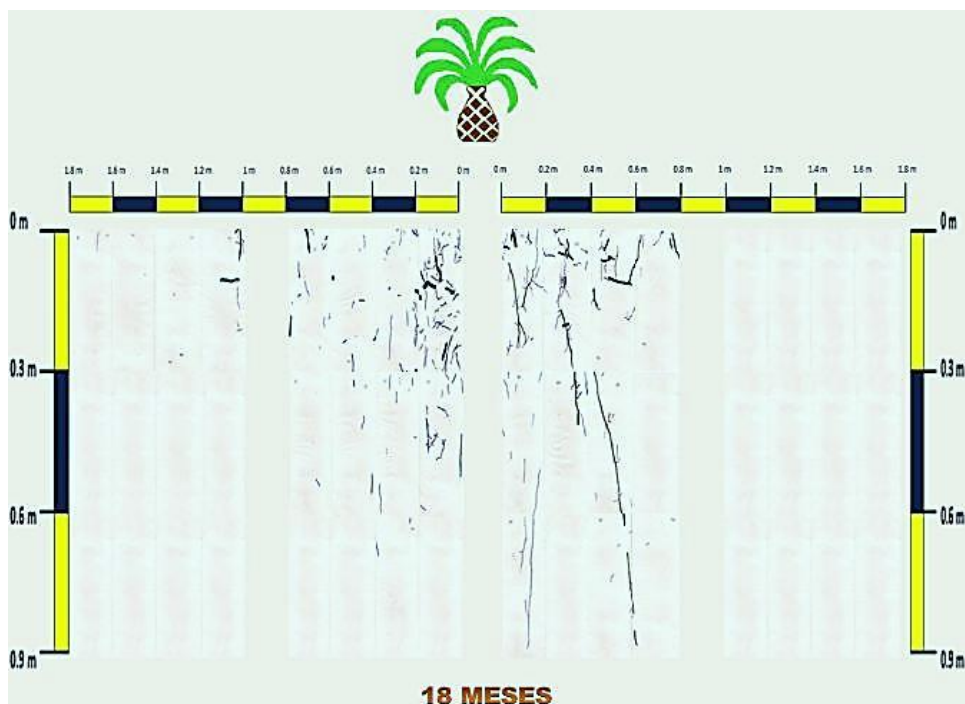


Figura 26 Distribución y desarrollo de raíces de palma a los doce meses, en suelos propios de la empresa NaturAceites S. A. ubicada en la Franja Transversal del Norte.

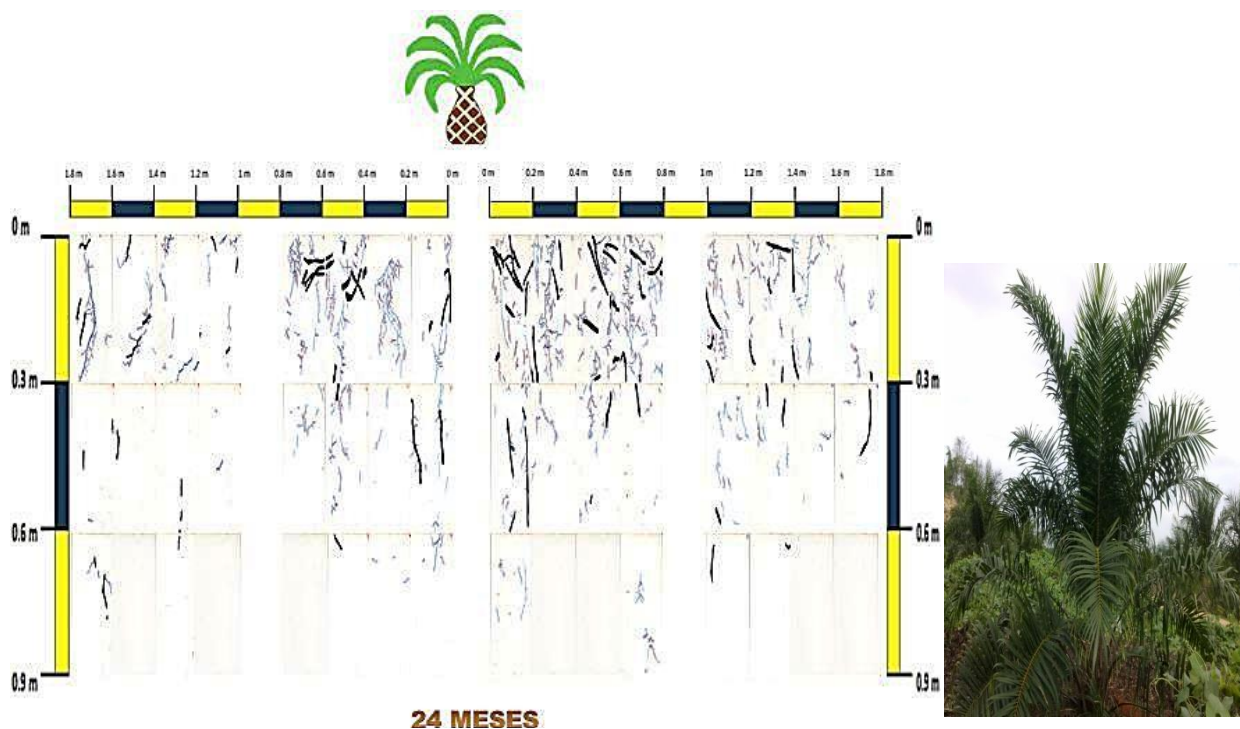


Figura 27 Distribución y desarrollo de raíces de palma a los veinticuatro meses, en suelos propios de la empresa NaturAceites S. A. ubicada en la Franja Transversal del Norte.

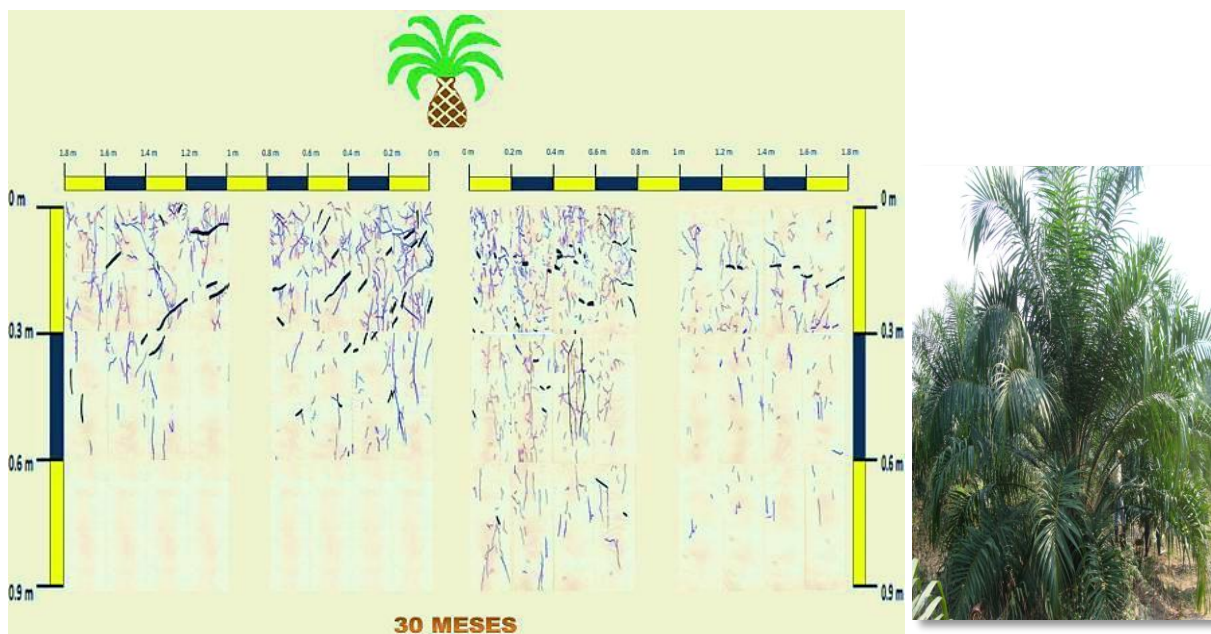


Figura 28 Distribución y desarrollo de raíces de palma a los treinta meses, en suelos propios de la empresa NaturAceites S. A. ubicada en la Franja Transversal del Norte

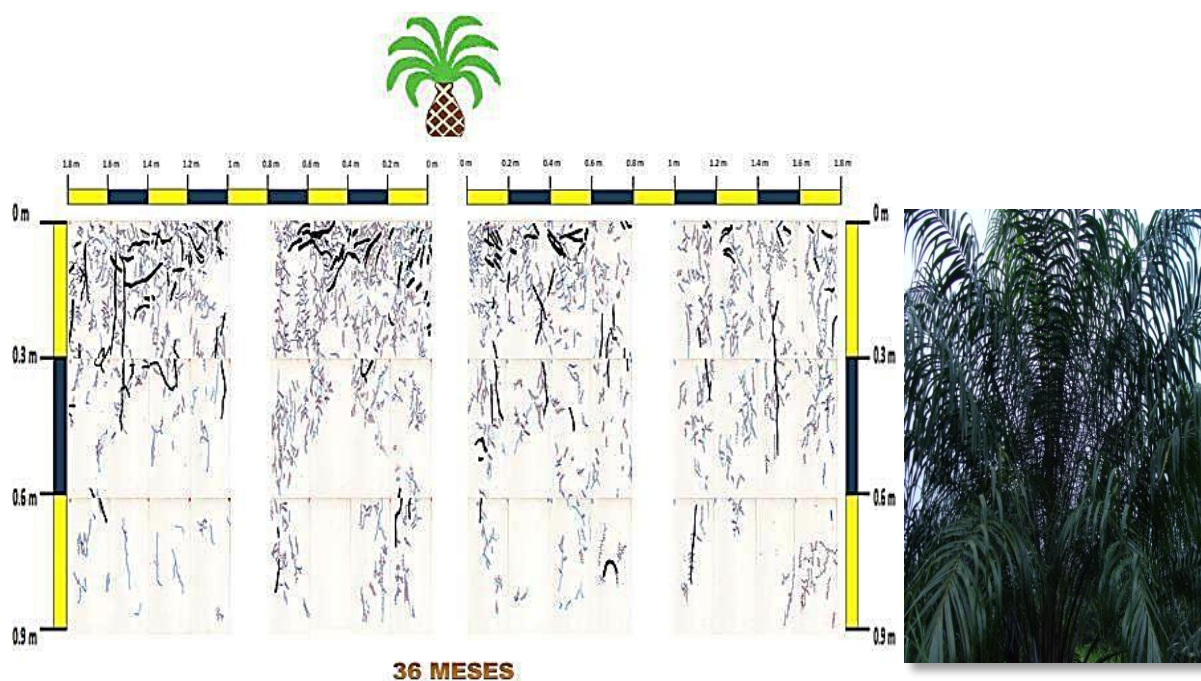


Figura 29 Distribución y desarrollo de raíces de palma a los treinta y seis meses, en suelos propios de la empresa NaturAceites S. A. ubicada en la Franja Transversal del Norte.

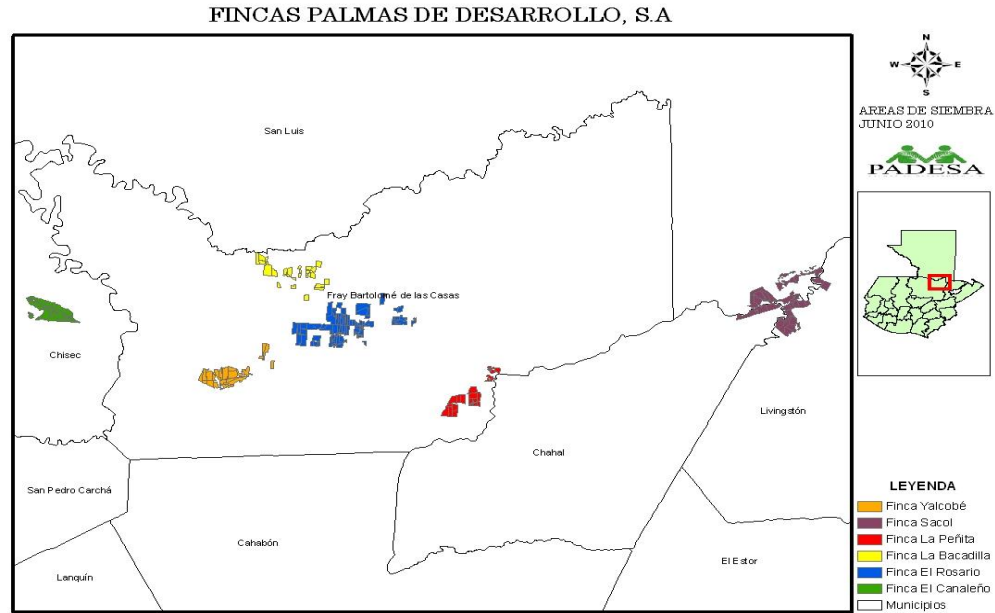


Figura 30 Lotes comerciales de siembra de palma aceitera, NaturAceites S. A. localizadas en la Franja Transversal del Norte.

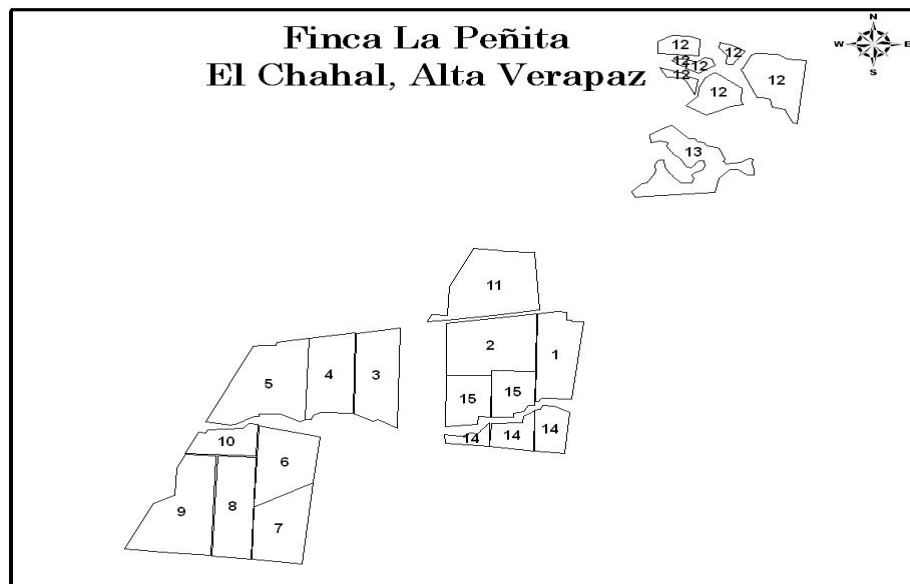


Figura 31 Lotes comerciales finca La peñita, siembra de palma aceitera ubicada en Chahal, Alta Verapaz

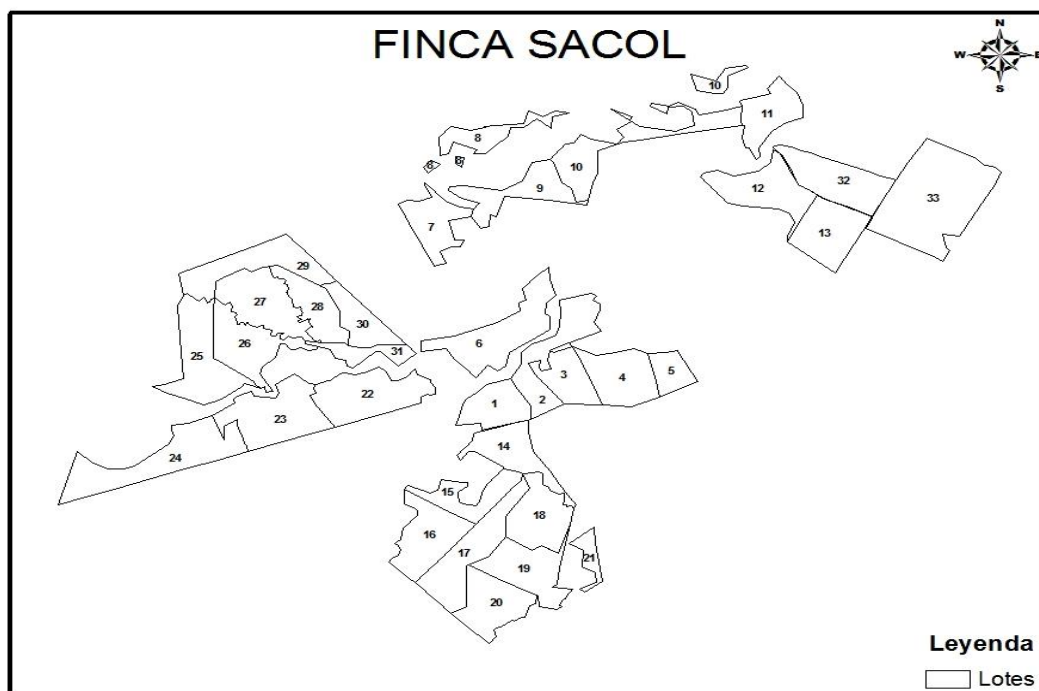


Figura 32 Lotes comerciales finca Sacol, siembra de palma aceitera, ubicada en Livingston, Izabal

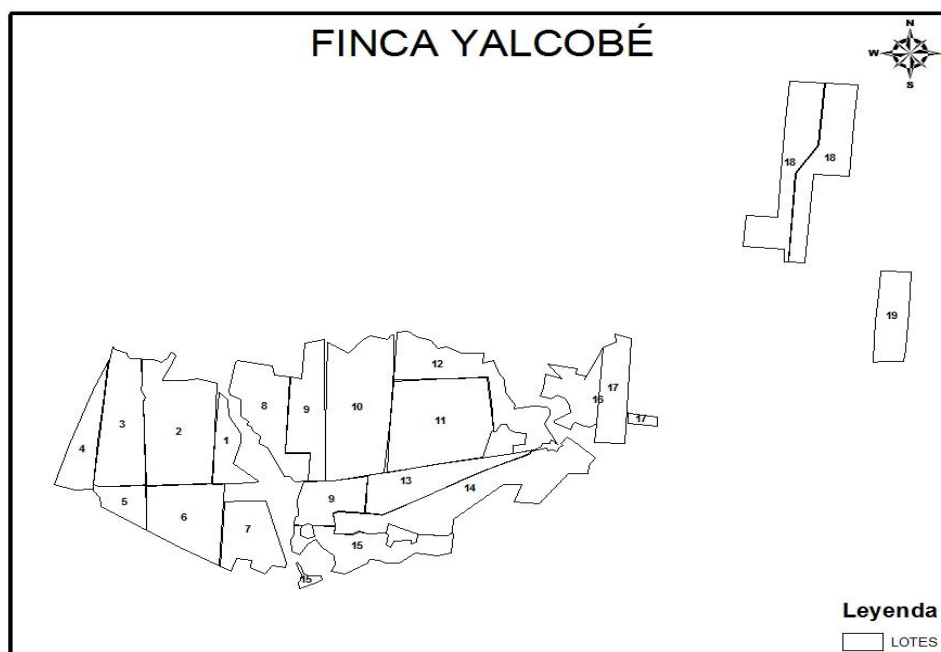


Figura 33 Lotes comerciales finca Yalcobé, siembra de palma aceitera ubicada en Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.

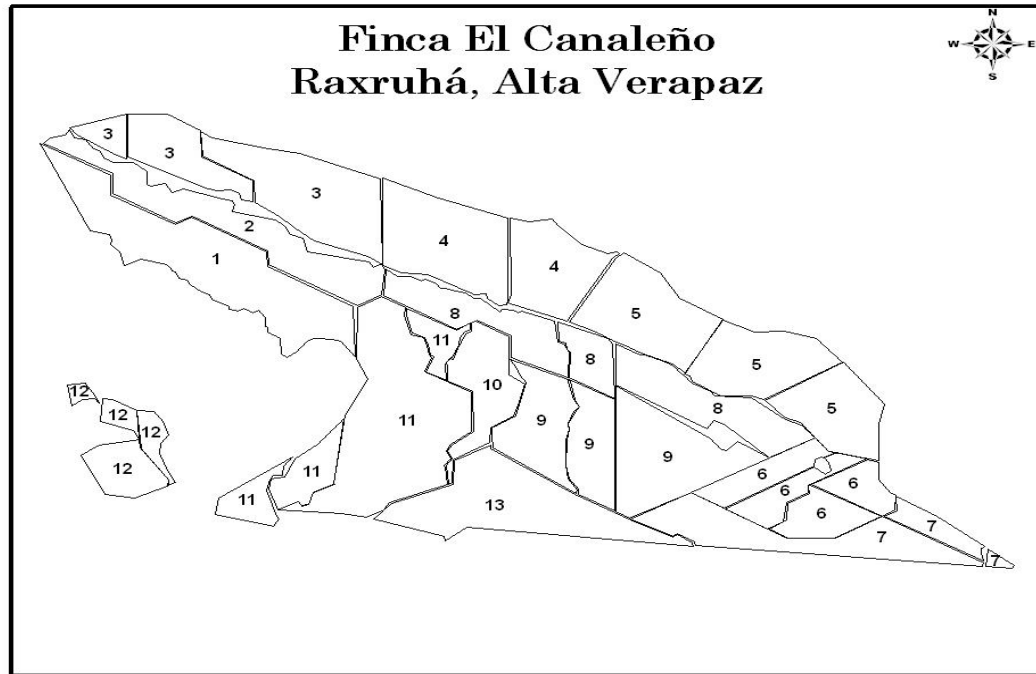


Figura 34 Lotes comerciales Finca El Canaleño, siembra de palma aceitera ubicada en Raxruhá, Alta Verapaz

CAPÍTULO III

**SERVICIOS REALIZADOS EN EL ÁREA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA,
DEPARTAMENTO TÉCNICO AGRÍCOLA, NATURACEITES, FRAY BARTOLOMÉ DE
LAS CASAS, ALTA VERAPAZ.**

3.1 PRESENTACIÓN

En el cultivo de palma aceitera, como en cualquier otro es muy importante la adecuada polinización, ya que de esta depende la alta productividad del cultivo, la polinización en su mayoría se lleva a cabo por insectos, identificando a dos especies de la familia curculionidae (*Elaeidobius kamerunicus*, *Elaeidobius subvittatus*) y una especie de la familia Nitidulidae (*Mystrops costaricensis*) como los principales agentes polinizadores.

El estudio de la cantidad de polinizadores en las inflorescencias masculinas son indicadores de una adecuada o deficiente polinización de las inflorescencias femeninas en periodo de antesis.

La productividad de la palma está dada por la producción de racimos, numero de racimos y el peso de los mismos.

Las inflorescencias femeninas producen los racimos, los cuales pueden darse como frutos normales, partenocarpicos e incluso puede suceder el aborto de las flores, esto se debe a que no se desarrolla el gameto femenino por la ausencia de fecundación. Estudios indican que para la formación de racimos normales se requiere de insectos polinizadores, debido a que la polinización de las inflorescencias es de tipo entomófila. (*Boletín No 71, Ceniavances*)

Elaeidobius kamerunicus, es el polinizador de mayor presencia, este completa su ciclo de vida en las inflorescencias masculinas, estos son escasos cuando las palmas son muy jóvenes y con baja cantidad de las inflorescencias masculinas.

Elaeidobius subvittatus, este polinizador de tamaño eficiente, tiene mayor capacidad de transportar el polen en mayor periodo de actividad lumínica, aunque el porcentaje de polen sea menor al que transporta el *E. kamerunicus*. El *E. subvittatus* se encuentra en mayores cantidades en las inflorescencias femeninas.

Mystrops costaricensis, es común en áreas con lluvias intensas, son escarabajos de la savia, de distribución irregular es menos satisfactorio como transportador de polen.

3.2 RECOLECCION, IDENTIFICACION Y CUANTIFICACION DE POLINIZADORES EN INFLORESCENCIAS MASCULINAS

3.2.1 OBJETIVOS

- Estudiar la fluctuación poblacional de polinizadores y conocer su relación con las inflorescencias en campo en periodo de antesis.
- Colectar e identificar las especies polinizadoras presentes en las inflorescencias masculinas.
- Identificar el total de polinizadores entomófilos por inflorescencia masculina, para relacionar con las inflorescencias femeninas.
- Determinar si la cantidad de polinizadores es eficiente con relación a las inflorescencias del lugar.

3.2.2 METODOLOGÍA

3.2.2.a MATERIALES

- Bolsas plásticas de 25 libras.
- Rafia
- Machete
- Insecticida
- Agujas de disección
- Cajas Petri

3.2.2.b MÉTODO

El estudio se realizó en cuatro lotes comerciales de la empresa Grasas y Aceites, que tienen un tiempo de siembra de dos años, estos son: Yalcobé, Sacol, El Rosario y la Peñita.

- Se realizó una observación de campo de un día por 2 lotes, ubicando las inflorescencias masculinas en periodo de antesis, esto se realizó en la mañana ya que son las horas en que tienen mayor actividad los polinizadores.
- Localizadas las 2 inflorescencias masculinas, se manipularon con cuidado cada una por separado de la siguiente forma: se tomó una bolsa plástica cubriendo toda la inflorescencia del ápice al pedúnculo, rápidamente se sujetó con la rafia, cerrando completamente para evitar que los insectos se escaparan por alguna abertura.

- Con un machete o sierrita se cortó por el pedúnculo la inflorescencia, evitando lastimar la palma y la bolsa, al tener la inflorescencia cortada se colocó otra bolsa por seguridad.
- Estas muestras se llevaron al laboratorio para su estudio; en laboratorio se abrieron con cuidado las bolsas y se aplicó insecticida rápidamente para evitar que los insectos se escaparan, se dejó reposar por 15 minutos.
- Al paso de este tiempo se colocó la inflorescencia sobre un nylon sacudiéndola para que cayeran todos los insectos ya muertos sobre el nylon, al extraer todos los insectos se tomó una caja petri y con la ayuda de una balanza analítica se pesó el total de insectos por inflorescencia.
- Del total se tomó dos gramos de muestra, de los que se contaron los insectos de significancia encontrados separándolos por especie con las agujas de disección.
- Esta metodología se realizó cada mes en los cuatro lotes, observando la fluctuación de insectos por especie en cada lote.

3.2.3 RESULTADOS



Figura 35 Insectos polinizadores de palma aceitera, coleópteros Izquierda Curculionidae (*Elaeidobius kamerunicus*); centro curculionidae (*Elaeodbiussubvittatus*); derecha Nitidulidae (*Mystroscostaricensis*).



Figura 36 A) Inflorescencia masculina en antesis con polinizadores; B) Recolección de polinizadores; C) Separación de polinizadores de inflorescencia; D) *E. subvittatus* en inflorescencia masculina (vista estereoscopio 10X).

El estudio presenta la cantidad promedio de insectos polinizadores encontrados en cada finca, durante 9 meses. En el cuadro 24 se tienen las cantidades promedio de insectos polinizadores de especie *E. kamerunicus* en una inflorescencia masculina, en los primeros años de establecimiento de la palma el número de insectos suele variar, a partir del 5 año las poblaciones de polinizadores es más estable. Las palmas muestreadas están en los 3 años de establecidas en campo definitivo. En los meses de marzo, abril, mayo, época en donde se presenta mayor temperatura la cantidad de insectos es menor, en los meses de Junio a Septiembre en donde hay presencia de lluvia las poblaciones de *E. kamerunicus* aumentan. La mayor población de *E. kamerunicus* se encontró en el mes de septiembre en la finca El Rosario

Cuadro 24 Promedio poblacional *E. kamerunicus* en inflorescencia masculina, en distintas fincas, Franja Transversal del Norte. Año 2011

Mes	Finca			
	La Peña	Yalcobé	El Rosario	Sacol
Febrero	5400	258	800	1478
Marzo	1912	703	900	579
Abril	1066	725	238	854
Mayo	210	129	364	182
Junio	2593	1818	8344	3339
Julio	3100	2875	10927	2069
Agosto	7439	832	7435	12688
Septiembre	5699	10495	62229	30315
Octubre	3486	4722	8197	7900

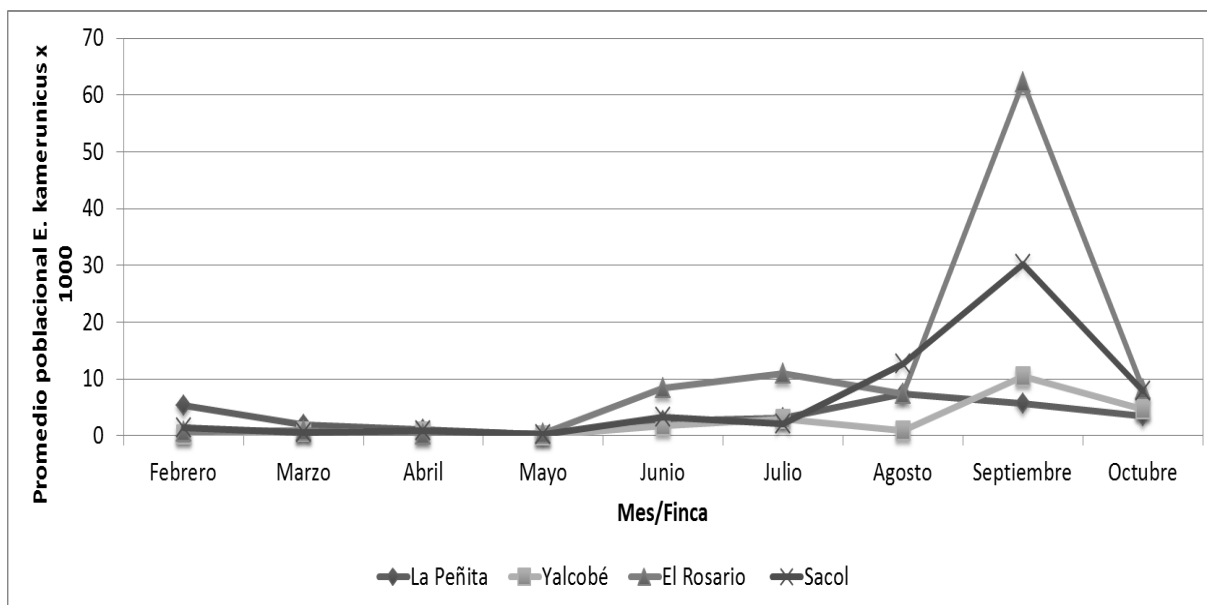


Figura 37 Promedio poblacional de E. kamerunicus en inflorescencia masculina en distintas fincas ubicadas en la franja transversal del norte, año 2011.

En el cuadro 25 se presenta el promedio poblacional de los insectos polinizadores *E. subvittatus* encontrados en inflorescencias masculinas de palma, en los meses de junio a agosto es donde hay más presencia de estos insectos, en la finca en donde se encuentra la mayor cantidad de polinizadores es finca El Rosario en el mes de Junio.

Cuadro 25 Promedio poblacional E. subvittatus en inflorescencias masculinas, en distintas fincas, Franja Transversal del Norte, año 2011.

Mes	Finca			
	La Peñita	Yalcobé	El Rosario	Sacol
Febrero	836	235	93	397
Marzo	632	299	545	67
Abril	533	577	544	59
Mayo	339	528	1260	610
Junio	3014	1880	5065	1652
Julio	2118	1400	4914	1376
Agosto	1017	1110	1294	2288
Septiembre	342	457	1470	485
Octubre	254	50	50	58

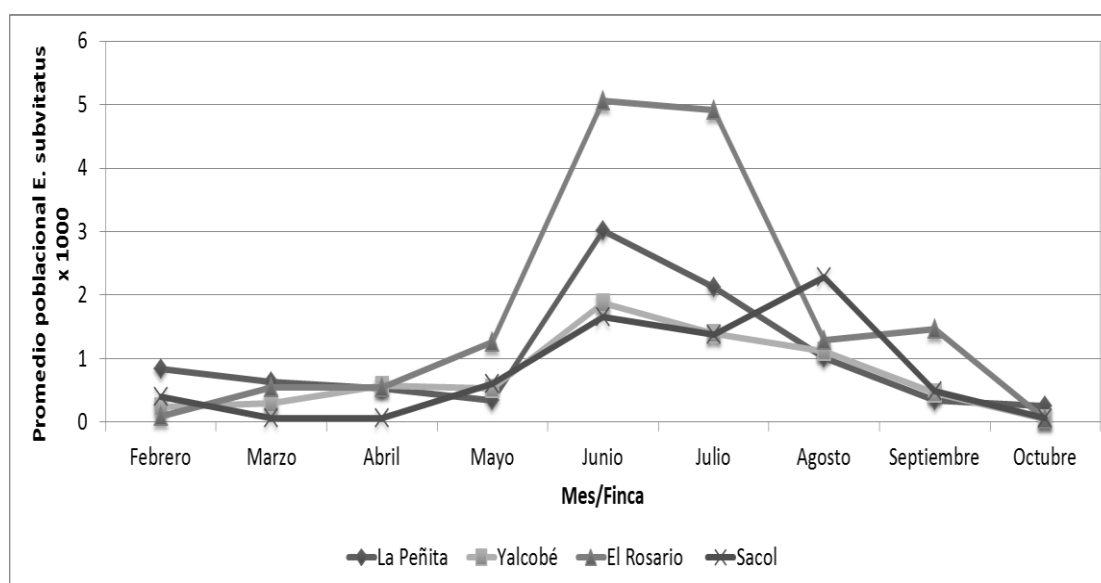


Figura 38 Promedio poblacional de *E. subvittatus* en inflorescencia masculina en distintas fincas ubicadas en la franja transversal del norte, año 2011.

En el cuadro 26 se tienen los datos respecto a la población de insectos polinizadores *M. costaricensis* estos insectos son tan pequeños que pueden entrar fácilmente en las inflorescencias masculinas y femeninas, aunque por su tamaño y su escasa velloosidad acarrea poco polen a las inflorescencias femeninas. Los *M. costaricensis* se encuentran en cantidades mucho menores que las otras dos especies, durante los distintos meses, las fincas que presentaron alta cantidad de esta especie en el mes de junio, La Peñita, Yalcobé, siendo El Rosario para septiembre y Sacol en Agosto; en el mes de octubre esta especie no se encontró en las inflorescencias muestreadas, únicamente Yalcobé la presenta.

Cuadro 26 Promedio poblacional *M. costaricensis* en inflorescencias masculinas, en distintas fincas, Franja Transversal del Norte, año 2011.

Mes	Finca			
	La Peñita	Yalcobé	El Rosario	Sacol
Febrero	215	324	119	282
Marzo	380	497	248	134
Abril	387	567	80	500
Mayo	14	107	22	72
Junio	1034	1850	170	413
Julio	680	499	318	415
Agosto	22	26	23	1112
Septiembre	342	457	1470	485
Octubre	0	9	0	0

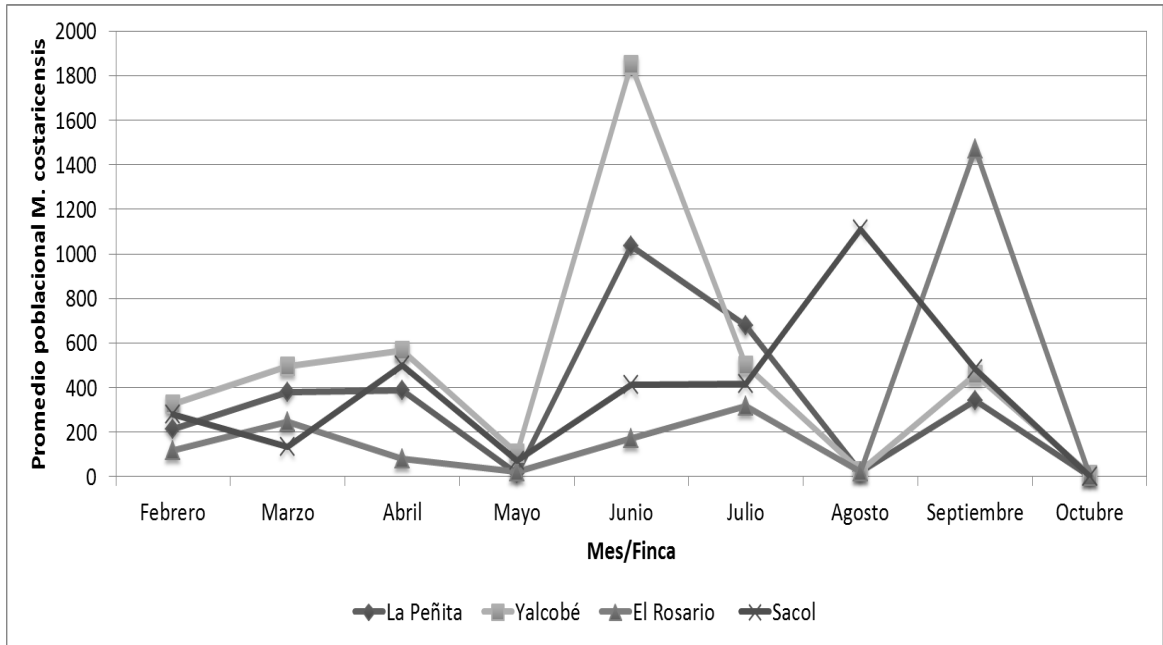


Figura 39 Promedio poblacional de M. costaricensis en inflorescencia masculina en distintas fincas ubicadas en la franja transversal del norte, año 2011.

3.3 RELACIÓN INFLORESCENCIAS MASCULINAS Y FEMENINAS EN PERIODO DE PREANTESIS Y ANTESIS

3.3.1 PRESENTACIÓN

La palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) es una planta monoica, es decir que se forman las inflorescencias separadamente una de otra. Las inflorescencias se encuentran encerradas en dos espatas que dura aproximadamente seis semanas antes de llegar al periodo de antesis, en el cual se realiza la polinización.

La antesis de una inflorescencia normal dura de 36 a 48 horas, aunque algunas veces se puede prolongar una semana. En las inflorescencias masculinas el polen se esparce en los dos o tres días de antesis y termina a los 5 días.

La relación entre las inflorescencias femeninas y masculinas es un factor importante en la variación del número de racimos que la palma producirá, por esto es muy importante cuantificar las inflorescencias masculinas y femeninas en un área.

Las inflorescencias se desarrollan en distintas proporciones, en algunos casos se producen inflorescencias femeninas o únicamente inflorescencias masculinas, esta variable puede afectar seriamente la producción de frutos, se realiza el estudio, para determinar si la proporción de inflorescencias masculinas se encuentra en equilibrio con las inflorescencias femeninas garantizando de esta manera la polinización.

3.3.2 OBJETIVOS

- Determinar si la relación existente de inflorescencias masculinas es proporcional a las inflorescencias femeninas en el área de estudio.
- Identificar las inflorescencias masculinas y femeninas en antesis (pre antesis y antesis).
- Cuantificar inflorescencias masculinas y femeninas en el periodo de antesis.
- Comprobar si la relación entre inflorescencias masculinas y femeninas es adecuada para alcanzar alta polinización y lograr la formación de frutos normales.

3.3.3 METODOLOGÍA

3.3.3.a MATERIALES

- Libreta de campo
- Lapicero

3.3.3.b MÉTODO

- 1 Se Seleccionó un pante por finca, proyecto de siembra 2008.
- 2 Delimitando un área de 10 plantas en 10 hileras, haciendo un total de 100 palmas por finca. El muestreo adecuado de inflorescencias es la observación de 100 palmas/Ha.
- 3 Se ingresó al pante de muestreo en donde se tomó cada una de las palmas, dando una vuelta completa alrededor de cada una, se observando en qué periodo se encontraban las inflorescencias. Si las espatas estaban semiabiertas y los brotes de flores, en el caso de las masculinas se asimilar a dedos color café, en femeninas son botones de flor con espigas gruesas, a este periodo se le conoce como pre antesis. Si las inflorescencias masculinas tienen polen y pequeñísimas flores color crema e insectos polinizadores, y las inflorescencias femeninas poseen tres pétalos color crema estas entran a periodo de antesis o receptivo. Si las flores femeninas presentan coloración rojiza estas han pasado su periodo de antesis y fecundación. Las inflorescencias hermafroditas no fueron contadas en el muestreo.
- 4 Realizado en cada finca, que empezó con su producción de fruta, al tener los datos de la cantidad de inflorescencia por periodo se realizó una sumatoria total de las inflorescencias en sus distintos periodos. Seguidamente se dividió el total de inflorescencias femeninas entre las inflorescencias masculinas del mismo periodo, para determinar la relación de inflorescencias femeninas que existe por una masculina.
- 5 Al obtener los datos de las inflorescencias y teniendo los datos de insectos polinizadores estos dos servicios se unificaron para determinar la cantidad de polinizadores por inflorescencia femenina. Este se realizó de la siguiente forma: primero se obtuvo el total de polinizadores por inflorescencia masculina, y se multiplicó por el total de inflorescencias masculinas en antesis, después se dividió por la cantidad de inflorescencias femeninas en antesis.

3.3.4 RESULTADOS



Figura 40 Inflorescencia femenina; izquierda pre antesis, centro antesis, derecha pos antesis.



Figura 41 Inflorescencia masculina; izquierda y centro pre antesis, derecha antesis.

La relación de las inflorescencias en periodo de pre antesis nos da un indicativo de cómo se encontrará nuestra relación al momento de llegar al periodo de antesis, hay que tomar en cuenta que muchas pueden perderse por algún daño antes de llegar a la antesis. En el cuadro 27 se tiene la relación de inflorescencias femeninas por una masculina en periodo de pre antesis se encuentra suficiente inflorescencia femenina mas no masculinas, en algunos casos suele no haber es por esto que es elevado el número de inflorescencias femeninas.

Cuadro 27 Relación de inflorescencias en periodo de pre antesis en distintas fincas, Franja Transversal del Norte, año 2011.

Mes	Finca			
	La Peñita	Sacol	Yalcobé	El Rosario
Febrero	47	36	3	62
Marzo	13	4	9	12
Abril	8	4	3	33
Mayo	13	3	5	8
Junio	13	3	5	3
Julio	12	12	4	10
Agosto	11	7	3	3
Septiembre	3	1	1	1
Octubre	2	1	1	1

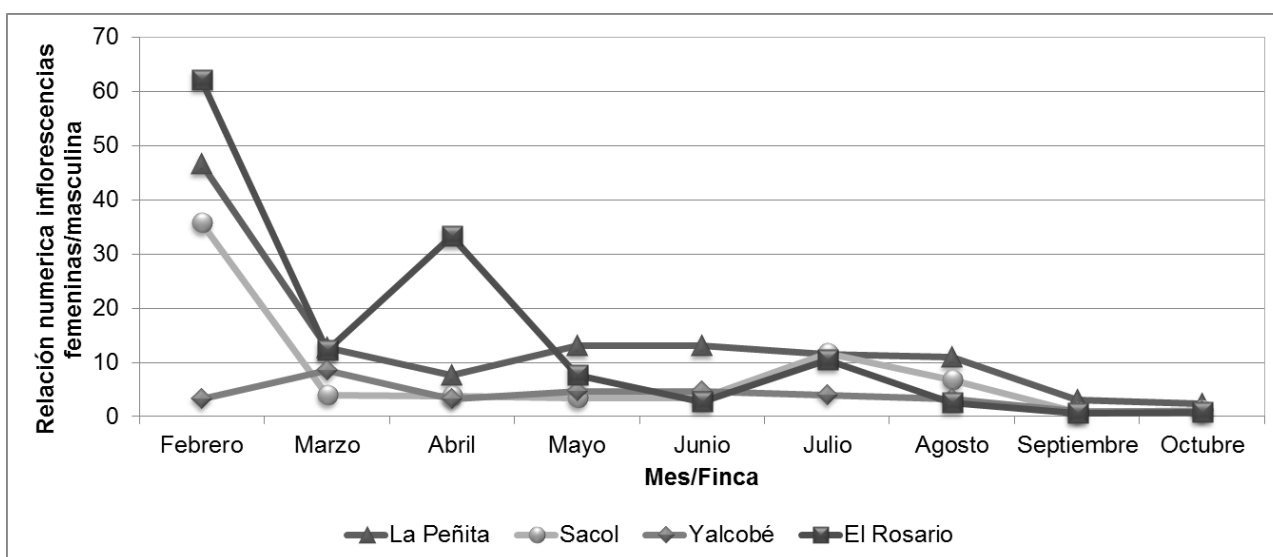


Figura 42 Relación de inflorescencias en periodo de pre antesis en distintas fincas, Franja Transversal del Norte, año 2011.

El periodo de antesis es más importante, este tiende a ser un indicativo más exacto o directo de la producción o cosecha que se llevará en aproximadamente 4 a 5 meses; si el número de inflorescencias femeninas es adecuado para las masculinas, encontrando que para que todas las inflorescencias femeninas sean polinizadas debe haber una relación de 4:1 si la cantidad es mucho mayor a esta, habrá alta cantidad de frutos, pero pueden no estar bien desarrollados o ser partenocárpicos. En el cuadro 28 se establece la relación

existente en 9 meses del año 2011, en donde se observa durante los primeros meses una alta cantidad de inflorescencias femeninas por masculinas; abril es el mes que mayor cantidad presenta, en los meses finales existe una relación de 2:1 o 1:1; esto tiene varias respuestas, una es que el número de inflorescencias masculinas sobrepasa el número de inflorescencias femeninas, otra es que la cantidad de inflorescencias de ambos sexos son equivalentes; una más escasa es que se estén perdiendo las inflorescencias femeninas por algún factor que las afecte. Este último se debe estudiar con mayor cuidado si ese fuera el caso.

Cuadro 28 Relación de inflorescencias femeninas sobre una masculina en periodo de antesis, lotes de siembra Franja Transversal del Norte, año 2011.

Mes	Finca			
	La Peñita	Sacol	Yalcobé	El Rosario
Febrero	40	17	21	17
Marzo	19	7	17	41
Abril	64	13	15	52
Mayo	40	10	13	16
Junio	40	10	13	8
Julio	27	13	9	25
Agosto	16	4	4	1
Septiembre	2	2	1	1
Octubre	2	3	1	1

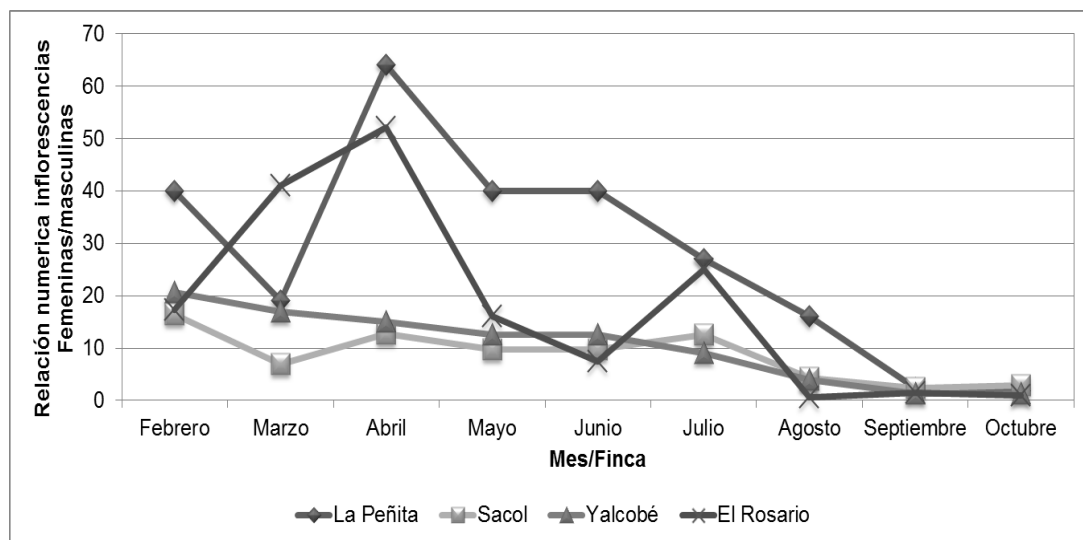


Figura 43 Relación Inflorescencias en periodo de antesis, en distintos lotes, Franja Transversal del Norte, año 2011.

Al tener estos dos servicios, estos se complementan, se consideran las cantidades de polinizadores por inflorescencia femenina, esto es importante debido a la fecundación de las inflorescencias femeninas, no solo se debe considerar la cantidad de inflorescencias masculinas, sino la cantidad de insectos polinizadores en general, sin importar su especie.

De todos los polinizadores que se encuentran en las inflorescencias masculinas, no todos llegan a la inflorescencia femenina, esto se debe a que los polinizadores confunden el olor a anís con el de las inflorescencias masculinas, estas últimas son las que utilizan para desarrollar su ciclo de vida. El límite aceptable de polinizadores por inflorescencia femenina es de 3000 insectos, si está debajo de esto se conoce como pobre la población, aunque en palmas jóvenes, como las de la empresa, 3 años de edad; la población de insectos varía considerablemente, debido al bajo nivel floral, esto lleva a la necesidad de trasladar polinizadores de palmas adultas a las jóvenes, hasta que se estabilicen o se incremente la población de insectos.

En el cuadro 29 se observa la relación de los polinizadores con las inflorescencias femeninas por área de muestreo, de cada finca en distintos meses; se observan varios ceros en el cuadro, esta situación se da por la falta de inflorescencias masculinas en el área de muestreo, lo recomendable es tener 5 inflorescencias masculinas por hectárea. El mes en que la población de polinizadores se incrementó y se mantuvo en un rango aceptable fue septiembre para todas las fincas, para aumentar la población, se han realizado varios traslados de polinizadores de palmas adultas del área del Polochic hacia la Franja Transversal del Norte.

Cuadro 29 Relación de insectos polinizadores en inflorescencias femeninas por área de muestreo. Franja Transversal del Norte, año 2011.

Mes	Finca			
	La Peñita	Sacol	Yalcobé	El Rosario
Febrero	0	131	40	58
Marzo	154	111	88	41
Abril	31	111	125	0
Mayo	0	89	61	103
Junio	0	559	444	1811
Julio	0	309	530	0
Agosto	530	3785	492	13127
Septiembre	2659	12882	8874	46548
Octubre	1994	2785	3476	9277

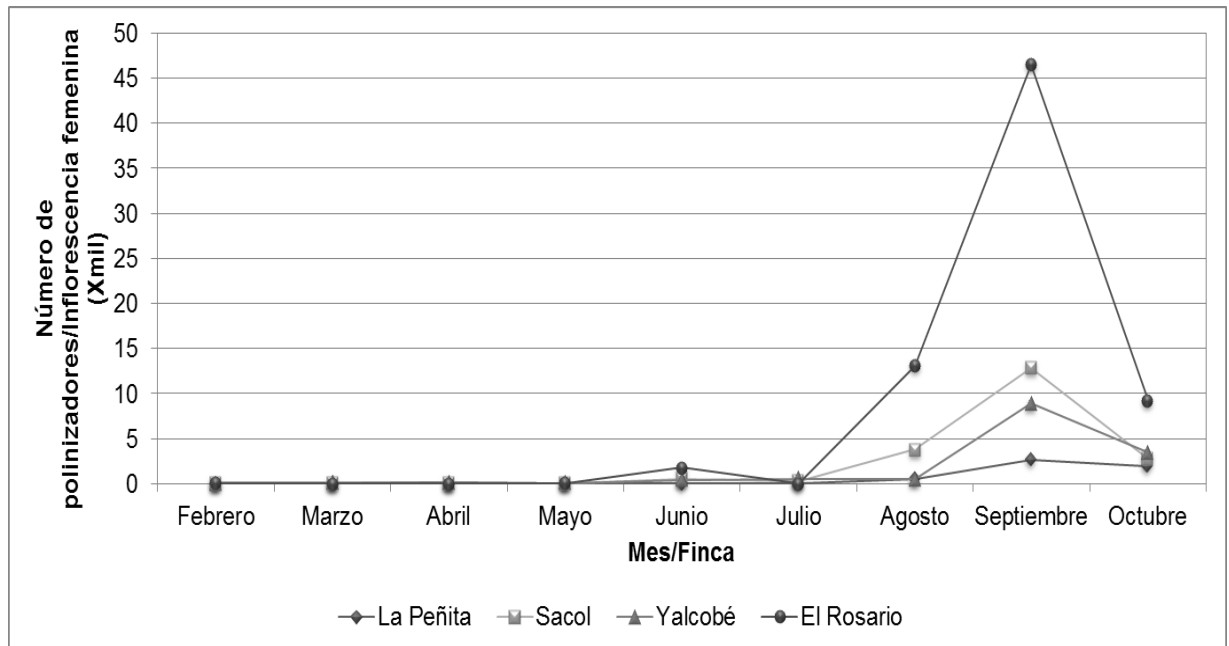


Figura 44 Relación de insectos polinizadores en inflorescencias femeninas por área de muestreo. Franja Transversal del Norte, año 2011.